

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Dino Curman

**Analiza digitalnog modela teropodnih otisaka stopala s nalazišta
Solaris (Istra)**

Diplomski rad

Zagreb, 2017.

Zahvala

Zahvaljujem se svom mentoru Aleksandru Mezgi na pomoći oko diplomskog rada, na silnom strpljenju, brojnim smjernicama i sugestijama tijekom pisanja te pregleda cjelokupnog rada.

Zahvaljujem se Borni Lužar – Oberiteru na velikoj pomoći, strpljenju, savjetima i uputama vezanim za eksperimentalni dio diplomskog rada.

Zahvaljujem se svojim roditeljima Željku i Jadranki, sestri Marceli, šogoru Matiji i dragim prijateljima koji su me podržavali i hrabрили tijekom mog studiranja.

Temeljna dokumentacijska kartica

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno – matematički fakultet
Geološki odsjek

Diplomski rad

Analiza digitalnog modela teropodnih otisaka stopala s nalazišta

Solaris (Istra)

Dino Curman

Horvatovac 102a, 10000 Zagreb, Hrvatska

Na nalazištu otisaka dinosaura Solaris II napravljena su geodetska snimanja te je izrađen digitalni model izdanka na kojem je rađena analiza otisaka pomoću QGIS programa. Lokalitet se nalazi unutar nudističkog kampa „Solaris“ u blizini Červara. Pronađeni su otisci teropodnih i sauropodnih dinosaura a istraživanje je vršeno na teropodnim otiscima. Analizirana je 21 od prije poznatih staza, tri nove staze i 29 novootkrivenih pojedinačnih otisaka. Tridaktilni otisci s nalazišta Solaris II pripadaju srednje velikim teropodnim dinosaurima dužine od oko tri metra. Na temelju izračunate brzine kretanja može se zaključiti da su ti teropodi s nalazišta u većini slučajeva hodali. Usporedba tih otisaka s otiscima na drugim lokalitetima iste starosti u Istri pokazuje da su dinosauri slične morfologije, veličine i načina kretanja te da vjerojatno pripadaju istim ili sličnim vrstama teropodnih dinosaura.

(72 stranica, 47 slika, 43 literaturnih navoda, jezik izvorni: Hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj geološkoj knjižnici

Ključne riječi: dinosauri, teropodi, otisci stopala, ihnologija, autokamp Solaris, gis

Voditelj: izv. prof. dr.sc. Aleksandar Mezga

Neposredni voditelj: dr.sc. Borna Lužar-Oberiter, v. pred.

Ocjenitelji: izv. prof. dr.sc. Aleksandar Mezga

dr.sc. Borna Lužar-Oberiter, v. pred.

mr.sc. Dražen Kurtanjek, v. pred.

Rad prihvaćen: 10.11.2017.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geology

Graduation Thesis

Digital model analysis of theropod footprints from Solaris tracksite (Istria)

Dino Curman

Digital model of outcrop Solaris II was created by geodetic methods and further analysis is performed by QGIS software. Outcrop is located in „Solaris“ campground, near Červar. There was found dinosaur footprints that belongs to theropods and sauropods. Analysis was made only on theropod footprints, which include 21 known traces, 3 new traces and 29 new individual footprints. Tridactyl footprints on Solaris II outcrop belongs to middle sized theropods that was approximately 3 meters in length. Considering the calculated movement speed, we can conclude that in most cases these theropods were walking. Comparison of those footprints with other late Albian footprints from Istria shows very similar morphology, dimensions and gait, which indicate that those footprints belonged to same or similar theropod species.

(72 pages, 47 figures, 43 references, original: in Croatian)

Thesis deposited in the Central Geological Library

Key words: dinosaurs, theropoda, footprints, ichnology, solaris, gis

Supervisor: A. Mezga PhD, associate professor

Assistant Supervisor: B. Lužar PhD, senior lecturer

Reviewers: A. Mezga PhD, associate professor

B. Lužar-Oberiter PhD, senior lecturer

D. Kurtanjek MSc, senior lecturer

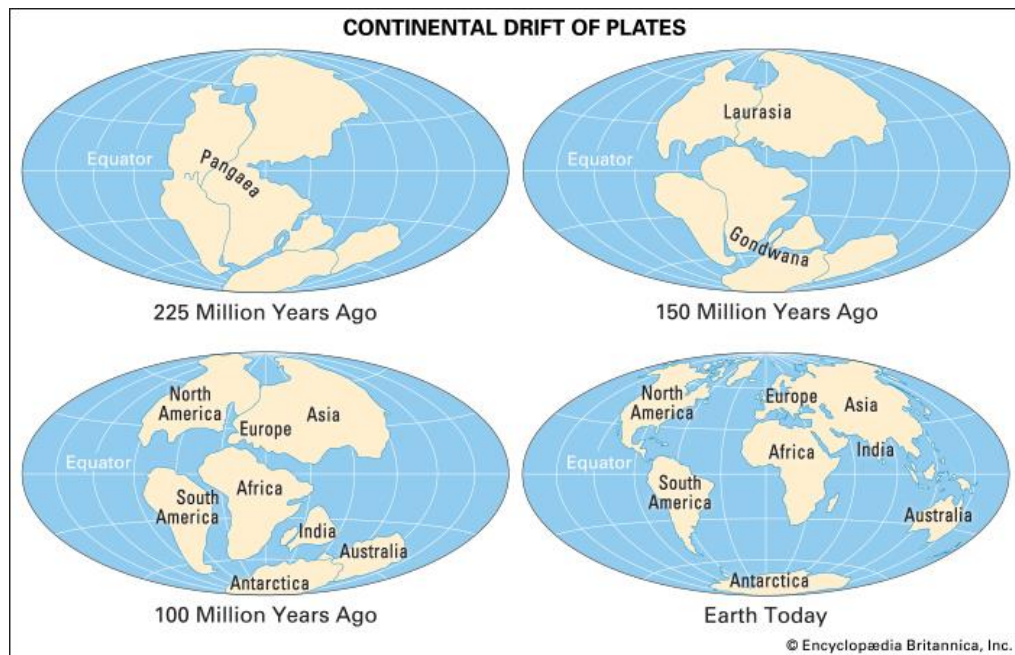
Thesis accepted: 10.11.2017.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. PODRED THEROPODA.....	3
1.2. IHNOLOGIJA	5
1.2.1. TRIDAKTILNI (TROPRSTI) OTISCI STOPALA	6
1.3. FOTOGRAMetriJA U PALEONTOLOGIJI	8
1.4. CILJEVI ISTRAŽIVANJA	9
2. OPIS LOKALITETA.....	10
2.1. PALEOGEOGRAFSKI SMJEŠTAJ	11
3. MATERIJALI I METODE	12
4. REZULTATI	15
4.1. STAZE KRETANJA	15
4.2. POJEDINAČNI OTISCI STOPALA.....	54
5. RASPRAVA	62
5.1. GORNJOALBSKA NALAZIŠTA TEROPODNIH OTISAKA STOPALA.....	63
5.1.1. SOLARIS I	63
5.1.2. PUNTIŽELA	64
5.1.3. PLOČE	64
5.1.4. PLJEŠIVAC	65
5.1.5. ZLATNE STIJENE	66
5.2. NALAZIŠTA TEROPODNIH OTISAKA S ADCP-a	67
6. ZAKLJUČAK.....	69
7. LITERATURA	70

1. UVOD

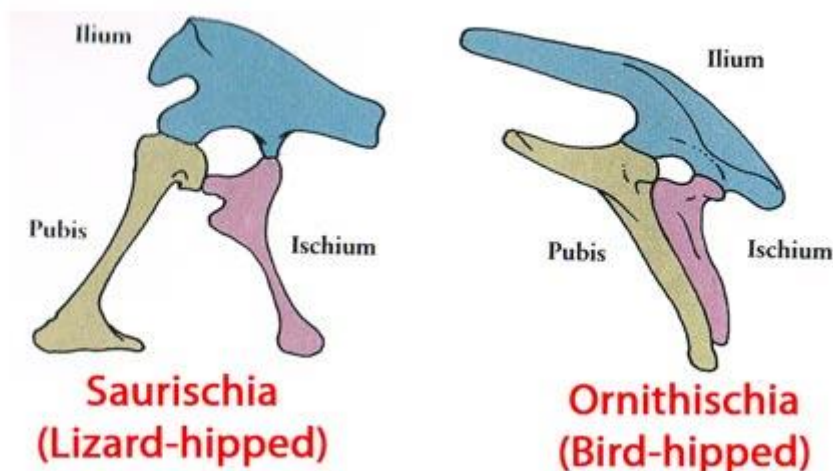
Naziv dinosaur dolazi od grčkih riječi *deinos* što znači strašan i *sauros* što znači gmaz. Dinosauri se pojavljuju tijekom srednjeg trijasa, prije otprilike 245 milijuna godina te su bili dominantna skupina kralježnjaka slijedećih 180 milijuna godina do njihovog izumiranja krajem krede (Benton, 2005). Postoji mnogo teorija o razlogu izumiranja dinosaura, a najzastupljenije su one koje govore o udaru asteroida u Zemlju, ogromnim erupcijama vulkana, promjeni klime, promjeni razine mora i sl. Tijekom jure i krede, dinosauri su bili dominantne životinje na Zemlji. Ovisno o vrstama, postojale su velike varijacije u veličini, od onih najmanjih dužine 40-ak cm do onih dužine oko 30 m te su uz kitove najveće životinje koje su ikad živjele na Zemlji. Njihovi fosilni ostaci prisutni su na svim kontinentima. Razlog tome je što je u trijasu postojao superkontinent Pangea te su dinosauri bili rasprostranjeni u svim njegovim dijelovima. Krajem trijasa počele su se razvijati glavne riftne zone, pogotovo uzduž atlantskih rubova Sjeverne i Južne Amerike, što je rezultiralo odvajanjem Laurazije i Gondvane (Le Tourneau i Olsen, 2003; Golonka, 2007). Pangea se u konačnici raspala na današnje kontinente (Sl. 1), pa su stoga i fosili dinosaura rasprostranjeni na svim kontinentima. Na temelju prehrane razlikuju se biljojedi, mesojedi i svejedi. U biljojede se ubrajaju veliki sauropodi i ornitopodi. Imali su tupe zube prilagođene za žvakanje biljaka te veći probavni sustav od mesojeda. Također, imali su tupe kandže na udovima te su se najčešće kretali na četiri noge, dok su neki ornitopodi mogli biti i dvonožni. Za razliku od biljojeda, mesojedi su imali veoma oštre zube prilagođene deranju mesa, na udovima veoma oštre kandže te su se kretali dvonožno. Veoma mali broj dinosaura je pripadao svejedima, hranili su se biljkama, jajima, kukcima i sl. Neki od karakterističnih dinosaura koji su pripadali svejedima su rodovi *Oviraptor* i *Ornithomimus*.



Slika 1. Razdvajanje Pangee na kontinente. Preuzeto s
<https://www.britannica.com/place/Pangea>

Nadred dinosauria podijeljen je u dva glavna reda, Saurischia i Ornithischia, a glavna razlika između ta dva reda temelji se na izgledu njihovog kukovlja (Sl. 2), (Benton, 2005). Dinosauri s kukovljem sličnim pticama pripadaju redu Ornithischia, dok su dinosauri s kukovljem sličnim gmazovima svrstani u Saurischia. Kod Ornithischia je preponska kost usmjerena prema natrag (Sereni, 1986, 1999). Spadali su u biljojedne organizme i podijeljeni su u dva podreda Cerapoda i Thyreophora (Benton, 2005). Kod Saurischia je prisutna primitivnija struktura, gdje je preponska kost usmjerena prema naprijed a sjedna kost prema natrag kao kod trijaskih arhosaura (Benton, 2005). Red Saurischia je podijeljen u dva podreda, u biljojedne Sauropodomorpha i mesojedne Theropoda. 2017. godine predložena je nova klasifikacija dinosaura u kojoj se dijele na dva reda Saurischia i Ornithoscelidae (Baron i dr., 2017). U Saurischia spadaju kao i prije, sauropodi, a dodani su im i Herrerasauri koji po staroj klasifikaciji pripadaju teropodima, dok preostali teropodi, zajedno s Ornithischia spadaju u Ornithoscelida.

Dinosauria Hip Structures



Slika 2. Kukovlje *Saurischia* i *Ornithischia*. Preuzeto s <http://www.drneurosaurus.com/2017/03/a-new-dinosaur-family-tree/>

1.1. PODRED THEROPODA

U teropode spadaju svi mesojedni dinosauri a veličinom variraju od malenih veličine purana do kredskih divova teških šest tona. Dije se u četiri glavne skupine: Herrerasauridae, Coelophysoidea, Ceratosauria i Tetanurae. Herrerasauri su bili glavni predatori u mlađem trijasu, dužine do četiri metra (Novas, 1997). Coelophysoidi su bili lagani dinosauri s dugim, tankim repom i dugom uskom njuškom (Benton, 2005). Dužinom su varirali od jednog do šest metara. Mnogi ceratosauridi su imali krijestu ili rogove na glavi, što je kod mužjaka moglo služiti za udvaranje ženaka (Benton, 2005). Najznačajniji predstavnici te grupe su ceratosauri i abelisauri koji su mogli biti dugi 5-7 metara. Većina teropodnih dinosaura, zajedno s pticama, spada u intrared Tetanurae. Najpoznatiji predstavnik te grupe je *Tyrannosaurus rex*. Teropodi su se kretali dvonožno, prednji udovi su reducirani u veličini, a rep im je služio za ravnotežu. Dvonožno kretanje zahtjeva mnogo više energije nego klasično gmazovsko četveronožno kretanje (Hotton, 1980). Noge su im se nalazile ispod tijela kako bi mogle podnijeti težinu tijela i smanjile napor na mišićima (Tersitano, 1983). Prema novijim istraživanjima, mnoge vrste teropoda imale su kožu prekrivenu perjem. Prvi opisani teropod s

protoperjem veličine pet do šest mm bio je *Sinosauropteryx* (Sl. 3) iz Yixian formacije (Prum, 2002). Heilmann (1926) je u svojoj knjizi „Origin of the birds“ pisao kako su unatoč sličnostima teropodi i ptice evoluirali odvojeno od zajedničkog pretka iz grupe Thecodontia. Za mnoge paleontologe danas su dokazi snažniji nego ikad kako ptice potječu od dinosaura (Zhou, 2004). Pronalazak pernatih dinosaura još i dodatno podupire te dokaze.



Slika 3. *Sinosauropteryx*. Preuzeto s <http://dinopedia.wikia.com/wiki/Sinosauropteryx>

1.2. IHNOLOGIJA

Naziv ihnologija dolazi od grčke riječi *ichnos* što znači trag (Sl. 4). Ihnologija je relativno mlada grana geoznanosti te se za razliku od klasične paleontologije koja se bavi proučavanjem tjelesnih fosila poput skeleta, bavi proučavanjem širokog spektra tragova nastalih aktivnostima različitih organizama. Zbog toga je ihnologija godinama bila zanemarena i padala je u drugi plan iza klasične paleontologije (Lockley i Meyer, 2000). Pod tragove aktivnosti ubrajaju se otisci stopala, tragovi plaženja, gnijezda, rovovi, tragovi odmaranja životinja poput bušotina ili jazbina i sl.

Kroz zadnjih dvadesetak godina, ihnologija postaje sve zanimljivija znanstvenicima (Lockley i Meyer, 2000) jer tragovi prikazuju ponašanje životinja, dinamiku kretanja te njihove navike. Fosilizirani tragovi su nastali stvarnim kretanjem životinja po nekom području, za razliku od kostiju koje s vremenom mogu biti pretaložene na drugo područje (Lockley i Meyer, 2000). Njihovim proučavanjem mogu se donijeti zaključci o promjenama topografije te njihove veze s tragovima i putanjama životinja.

O uvjetima očuvanja otisaka se još uvijek ne zna mnogo (Lockley i Meyer, 2000) i postoji više teorija, od kojih je najpopularnija ona koja govori da životinja prođe kroz blato na plimnoj ravnici koja se kasnije na suncu stvrdne te se nakon dizanja razine more popuni sedimentom koji se također s vremenom stvrdne te otisak ostane sačuvan.

Ihnološka istraživanja se mogu vršiti mjerenjem na terenima, iz skica ili crteža napravljenih od strane stručnjaka te obradom snimaka na računalu.

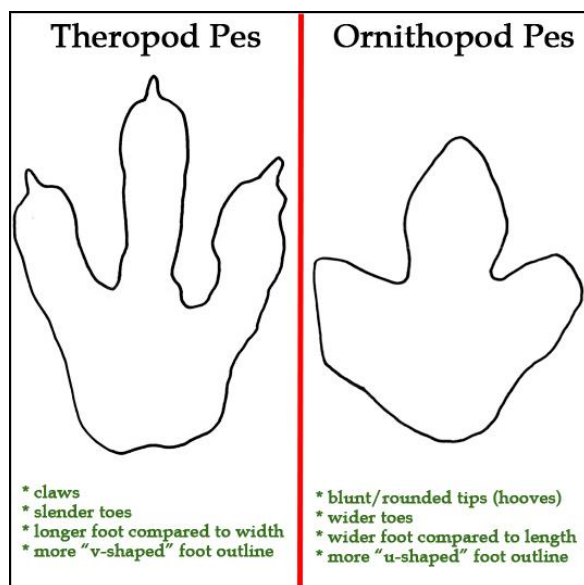


Slika 4. Otisak stopala teropoda na otoku Veli Brijun.

1.2.1. TRIDAKTILNI (TROPRSTI) OTISCI STOPALA

Tridaktilni otisci stopala koje su napravile dvonožne životinje tijekom krede mogu pripadati teropodima, ornitopodima ili manje vjerojatno pticama. Tridaktilni otisci stopala dužine 13-25 cm se obično pripisuju „coelurosauroidnim“ ili „malenim“ teropodima i malim ornitopodima (Thulborn, 1990). Postoji više značajki po kojima se mogu razlikovati (Sl. 5), no ponekad je razlika između tih značajki malena i teško je odrediti kojim dinosaurima bi se otisci mogli pripisati. Kod otisaka teropodnih dinosaura prisutni su tragovi oštarih kandži (Leonardi, 1984; Thulborn, 1990; Harris, 1998) koji su kod ornitopodnih otisaka tupi ili ih uopće nema (Matsukawa i dr., 1997; Harris, 1998). Na drugom, trećem i četvrtom prstu teropoda ostaju sačuvani otisci mesnatih jastučića (Leonardi, 1984; Thulborn 1990), dok kod

ornitopoda oni nisu prisutni (Matsukawa i dr., 1997). U obzir se uzima i odnos dužine i širine otiska. Kod teropoda dužina otiska je veća od širine (Leonardi, 1984; Thulborn, 1990; Moratalla i dr., 1994; Forster i Lockley, 1995;), a kod ornitopoda su dužina i širina skoro jednake dok je u nekim slučajevima širina veća od dužine (Thulborn, 1990; Moratalla i dr., 1994; Matsukawa i dr., 1997). Prsti teropoda su uži i izduženiji (Thulborn i Wade, 1979, 1989; Lockley i Gillette, 1989; Pittman, 1989; Thulborn, 1990; Moratalla i dr., 1994) dok su prsti ornitopoda širi (Thulborn, 1990; Moratalla i dr., 1994), no mnogi mladi ornitopodi imaju također uske i izdužene prste što ih čini težim za prepoznati kada su u pitanju manji otisci (Farlow i Chapman, 1997). Ornitopodi imaju veći razmak između prstiju od teropoda (Thulborn, 1990). Kod ornitopoda još može biti sačuvan otisak prvog prsta i otisci prednjih udova (Farlow i Chapman, 1997). Odrediti kojim dinosaurima pripadaju otisci je najtočnije na temelju osteološke morfologije gdje se uzima u obzir dužina prsta mjereći od sredine stopala, no ta metoda se može rijetko primijeniti jer se otisci rijetko sačuvaju u potpunosti, pogotovo u karbonatnim stijenama.

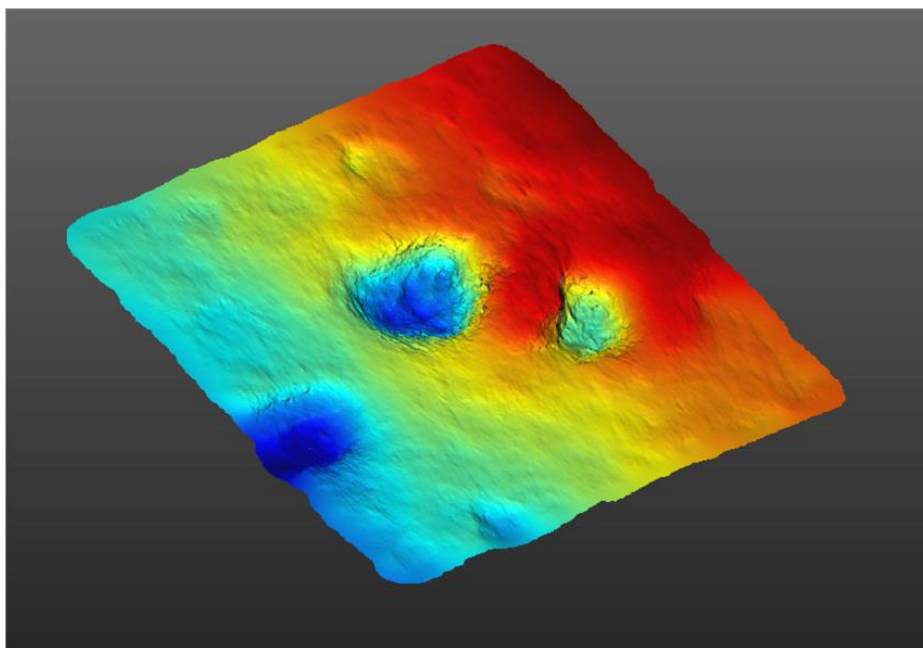


Slika 5. Usporedba otisaka stopala teropoda i ornitopoda. Preuzeto s http://blog.everythingdinosaur.co.uk/blog/_archives/2017/06/17/theropod-tracks-and-ornithopod-tracks.html

1.3. FOTOGRAMetriJA U PALEONTOLOGIJI

Posljednjih godina, fotogrametrija je dobila veliku ulogu u digitalizaciji površinske topografije. Proces uključuje slikanje nekog objekta iz različitih kutova kako bi se na temelju više slika dobio 3D prikaz tog objekta (Sl. 6), (Mallison i Wings, 2014). Takav 3D prikaz daje puno više podataka od klasičnih metoda poput skiciranja nalazišta i izrade odljeva. Dobiveni podaci se mogu koristiti za mjerenja i interpretaciju objekta s obzirom da pružaju precizne koordinate i ostale geometrijske podatke istraživnog objekta (Mallison i Wings, 2014). Dokazano je i da digitalni podaci mogu pružati mnoštvo informacija o plitkim otiscima koji su na terenu veoma slabo vidljivi ili nisu uopće uočljivi.

Upotreba fotogrametrije u paleontologiji mnogo pomaže otkrivanju fosiliziranih otisaka stopala (Matthews i Breithaupt, 2001; Matthews, 2008), jer su mnoga nalazišta otisaka fizički nedostupna tijekom određenog dijela dana ili godine (npr. prekrivena vodom u intertajdalnoj zoni, u rijekama i jezerima itd. (Mallison i Wings, 2014). Iskapanje i sakupljanje fosila može rezultirati njihovim oštećenjem, što predstavlja velik problem s obzirom da informacije o filogenetskim vezama i taksonomiji, kao i o izgledu i ponašanju izumrlih organizama, često bivaju dobivene isključivo na temelju morfologije sačuvanih ostataka (Lautenschlager, 2016). S druge strane, digitalni podaci ne mogu oštetiti postojeće fosile.



Slika 6. 3D prikaz otiska stopala dinosaura. Preuzeto iz Radun (2016).

1.4. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Otisci stopala dinosaura mogu dati mnogo informacija o njihovom izgledu i načinu kretanja na određenoj lokaciji. Ovim istraživanjem želio sam utvrditi koje skupine dinosaura su se kretale tim područjem, kolika je bila njihova veličina i na koji način su se kretale. Da bi se dobile informacije o dinosaurima na temelju njihovih otisaka, potrebno je izvršiti mjerenja duljine, širine i dubine otiska te razmaka između dva otiska. Nakon tih temeljnih mjerenja na samom izdanku mogu se matematičkim jednadžbama izračunati podaci o visini životinje, brzini njenog kretanja i načinu kretanja.

Također, cilj ovog istraživanja je prikazati kako moderne računalne metode mogu znatno olakšati istraživanja koja se obično rade na samom izdanku s obzirom da su podaci mjereni u računalnim programima precizniji od onih dobivenih na terenu. Osim toga, neke objekte koji su na terenu teško ili nisu uopće uočljivi, mnogo je lakše pronaći na računalnim snimkama. Jednom kada je teren snimljen, istraživanja se mogu vršiti u bilo koje vrijeme i nema ovisnosti o vremenskim ili prostornim uvjetima.

2. OPIS LOKALITETA

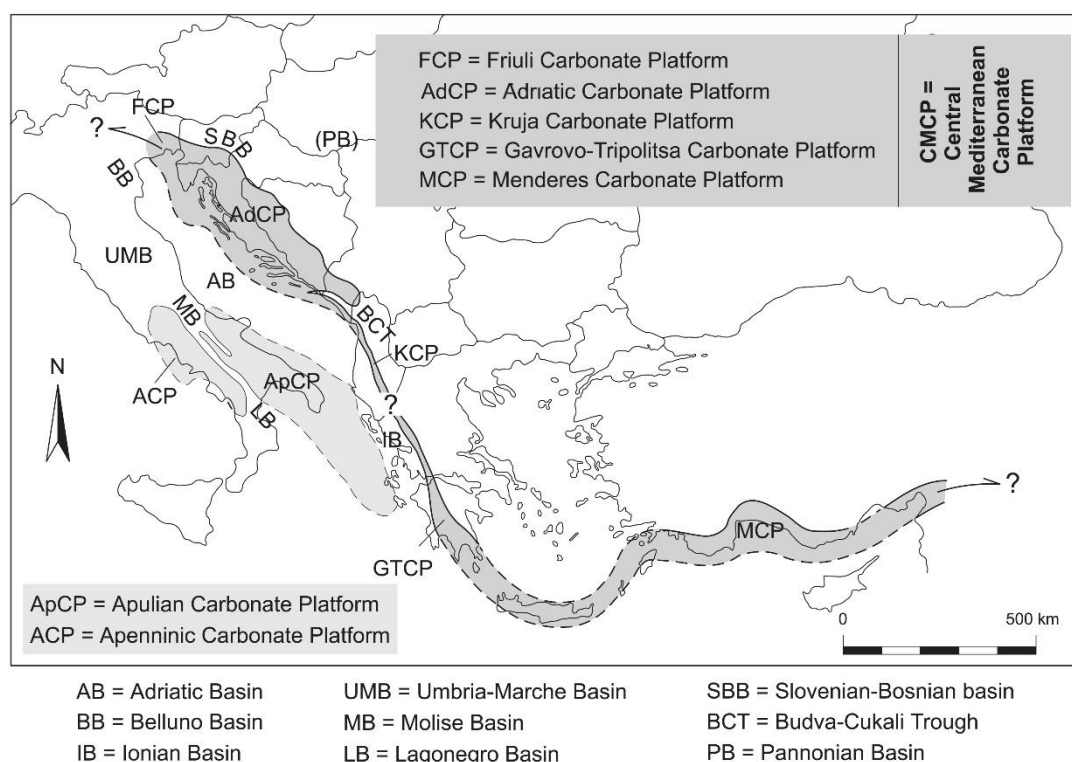
Nalazište Solaris se sastoji od dva izdanka koji se nazivaju Solaris I i Solaris II te se nalaze unutar nudističkog kampa „Solaris“, sjeverno od Červara (Sl. 7). Izdanak Solaris I nalazi se na morskoj obali, dužine je 35 metara, a širine osam metara (Dalla Vecchia, 2000). Solaris II se nalazi unutar kampa i pokriva površinu od približno 430 m² te je u potpunosti prekriven otiscima stopala dinosaura (Dalla Vecchia i Tarlao, 2000), kako troprstih dvonožnih mesojednih teropoda tako i četveronožnih biljojednih sauropoda. Oba izdanka su iste geološke starosti te najvjerojatnije predstavljaju istu slojnu površinu (Dalla Vecchia i Tarlao, 2000). Mjerenja su vršena na izdanku Solaris II te se ovaj rad zasniva na interpretaciji troprstih tragova na tom izdanku. Teropodni troprsti otisci su prisutni zasebno ili u skupinama u većem broju odvojenih staza kretanja. Staze su posebno važne za interpretaciju jer se iz njih može saznati brzina kretanja životinje koja je ostavila otiske te dinamika i način kretanja. Stijene s nalazišta Solaris pripadaju razdoblju gornjeg alba (Dalla Vecchia i Tarlao, 2000).



Slika 7. Topografska karta s naznačenim nalazištima Solaris I i II (dolje) te nalazište Lanterna (gore). Preuzeto iz Radun (2016).

2.1. PALEOGEOGRAFSKI SMJEŠTAJ

Peri jadranska regija je područje karbonatne sedimentacije tijekom kasnog trijasa do kraja krede (Zappatera, 1990). Jadransko dinaridska karbonatna platforma (Sl. 8) je paleogeografska jedinica formirana tijekom jure čije se naslage danas nalaze u sjeveroistočnoj Italiji, Sloveniji, Hrvatskoj, zapadnoj Bosni i zapadnoj Crnoj Gori. Ta je platforma bila sjeverni završetak veće plitke paleogeografske jedinice (Dalla Vecchia i Tarlao, 2000). Ta jedinica je bila okružena dubokim morem od starije jure i bila je odvojena od Laurazije i Afričko-arapskog kontinenta sredinom krede (Masse i dr., 1993). Taložni slijed Istre može biti podijeljen u pet sedimentnih jedinica ili megasekvencija odvojenih važnim diskontinuitetima – različitim trajanjem emerzije (Tišljar i dr. 1998; Vlahović i dr. 2005). Te megasekvencije su bat – donji kimeridž, gornji titon – donji/gornji apt, gornji alb – gornji santon, eocen i kvartar (Mezga i dr., 2006), a proučavano područje (nalazište Solaris) pripada trećoj megasekvenci gornji alb – gornji santon. U Istri postoji nekoliko nalazišta otisaka stopala dinosaura koji se nalaze u stijenama gornjoalbske starosti, a sadrže teropodne, sauropodne i ornitopodne otiske stopala od kojih su najčešći teropodni (Mezga i dr. 2007) .



Slika 8. Jadransko – dinaridska karbonatna platforma. Preuzeto iz (Vlahović i dr. 2005)

3. MATERIJALI I METODE

Istraživanje je vršeno pomoću računalnog programa QGIS u kojem je korišten sjenčani prikaz digitalnog modela visina (Prilog 1) za otkrivanje novih otisaka i njihova mjerenja te je na tom modelu napravljena karta s obrađivanim otiscima (Prilog 2). Zatim je napravljena karta sa svim obrađivanim otiscima (Prilog 3) te su obrađivani otisci umetnuti u kartu koju su napravili Dalla Vecchia i Tarlao (2000) (Prilog 4). Kod mjerenja otisaka stopala uzima se u obzir njihova dužina, širina i dubina. Duljina se mjeri od vrha srednjeg prsta do kraja pete, a širina od vanjskih rubova drugog i trećeg prsta. Na temelju dužine stopala, može se izračunati visina kukovlja jedinke koja je ostavila otisak. S obzirom da otisci u stazi najčešće nisu jednakih dimenzija zbog različitih uvjeta očuvanja, računa se njihova srednja vrijednost koja se dalje koristi u matematičkim izračunima.

Matematička formula za izračun visine kukovlja teropodnih dinosaura je:

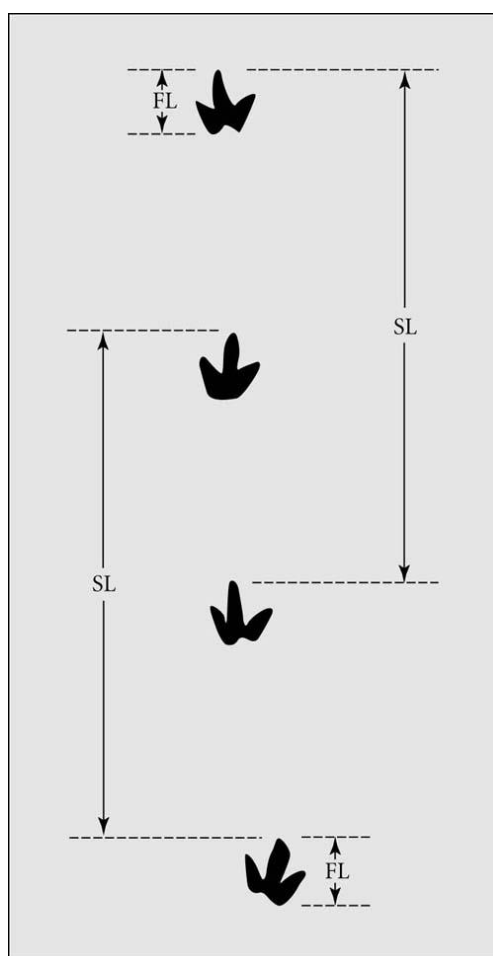
$$h = 4.5FL; \text{ gdje je: } h - \text{visina kukovlja; } FL - \text{dužina stopala.}$$

Prema Thulbornu (1989), za male teropode se uzima broj 4.5, no ovisno o različitim vrstama taj broj varira od 3.6 do 5.9. Nakon što je visina kukovlja poznata, može se izračunati kako visina jedinke tako i njena dužina od glave do repa. Za interpretaciju ponašanja organizma koji je ostavio otisak potrebne su staze kretanja. Pomoću njih se može odrediti brzina kretanja, način kretanja, smjer kretanja i sl.

Za izračun brzine kretanja koristi se matematička formula (Alexander, 1976):

$$v = 0.25g^{0.5} \times SL^{1.67} \times h^{-1.17}; \text{ gdje je: } v - \text{brzina kretanja; } g - \text{gravitacija; } SL - \text{dužina dvokoraka; } h - \text{visina kukovlja.}$$

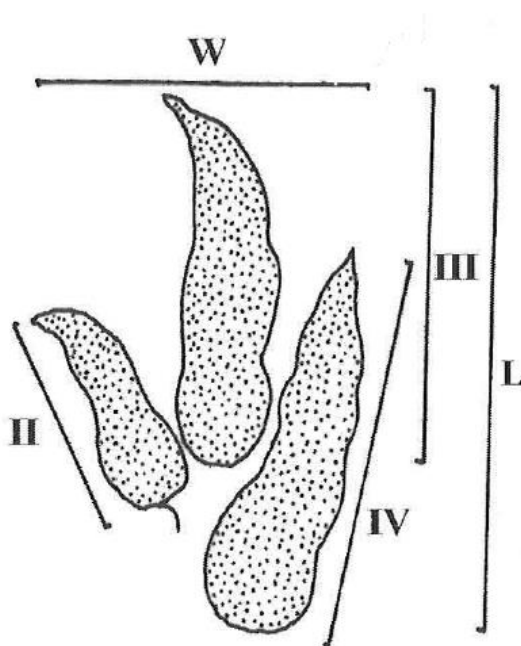
Za izračun dužine dvokoraka (Sl. 9) potrebno je imati tri sukcesivna otiska u stazi. Mjeri se udaljenost dva najbliža otiska koja je napravila ista noga. Smjer kretanja može otkriti neke podatke kako je izgledao teren u vrijeme kada su otisci napravljeni, prisutnost prirodnih prepreka, prisutnost obalne linije i sl. Kretanje dinosaura se može svrstati u tri kategorije: hod, kas i trk. Kada je dužina koraka manja od četverostruke duljine stopala to govori da je životinja hodala, a kada je dužina koraka veća od četverostruke duljine stopala, životinja je trčala. Većina pronađenih otisaka staza dinosaura svjedoči da su dinosauri većinu vremena hodali, što je slučaj i kod današnjih životinja.



Slika 9. Prikaz računanja dvokoraka (FL – dužina stopala; SL – dužina dvokoraka). Preuzeto s <http://www.blackwellpublishing.com/paleobiology/figure.asp?chap=19&fig=Fig19-11&img=c19f011>

Dubina otisaka je mjerena na digitalnom modelu visina, odnosno DEM (eng. Digital Elevation Model) snimane lokacije iz razloga što je pogodna za prikaz u gis programima. Z koordinata, odnosno visina svake pojedine točke modela prikazana je kao intenzitet što je vidljivo u Prilogu 5. Najsvjetlija boja označava najviše dijelove, a najtamnija boja najniže dijelove snimanog terena (Radun, 2016.).

Kod određivanja kojoj nozi je pripadao otisak (Sl. 10), uzima se u obzir duljina vanjskih prstiju i njihov kut u odnosu na srednji prst. U uvjetima idealnog očuvanja vanjski prst je duži od unutarnjeg, a kut između srednjeg i vanjskog prsta je nešto manji od kuta između srednjeg i unutarnjeg. U slučaju kada je otisak duboko otisnut, obje strane otiska su jasno vidljive dok je u slučaju plitkog otiska jasno vidljiva samo vanjska strana otiska (Dalla Vecchia i Tarlao, 2000).



Slika 10. Parametri otiska stopala (W – širina otiska; L – dužina otiska; II – dužina drugog prsta, III – dužina trećeg prsta; IV – dužina četvrtog prsta). Preuzeto iz Dalla Vecchia i Tarlao, (2000).

4. REZULTATI

4.1. STAZE KRETANJA

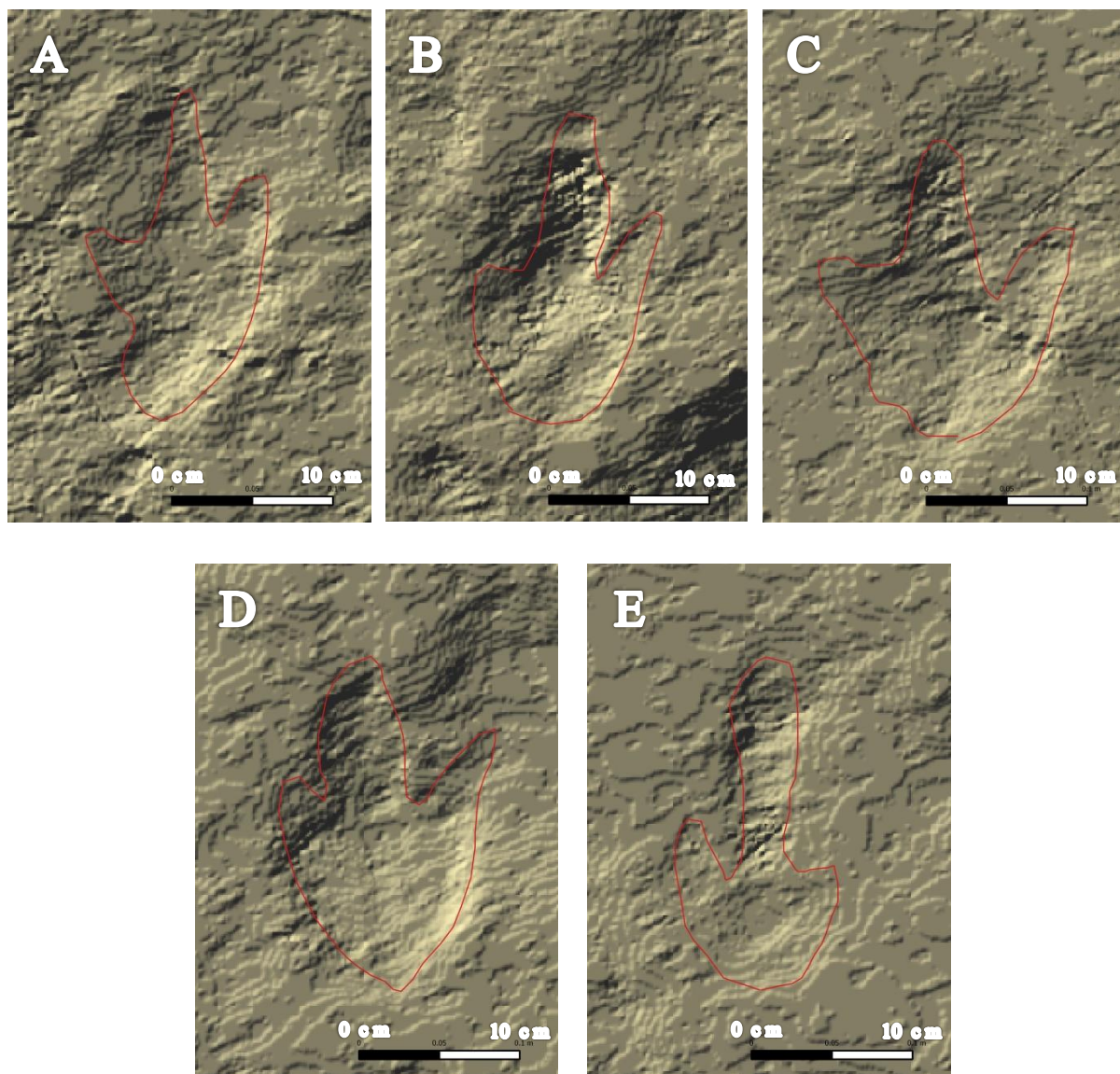
U ovom radu obrađena je 21 staza koju su otkrili Dalla Vecchia i Tarlao (2000), označene slovima T (track) te tri nove staze koje su pronađene tijekom izrade diplomskog rada, označene slovima NT (new track).

Opis staze T1

Tablica 1. Duljina, širina i dubina otisaka iz staze T1 (cm)

	Duljina	Širina	Dubina
T1-1	21.5	15.7	0.9
T1-2	20.1	11.7	2.1
T1-3	22.8	15.2	1.5
T1-5	20.2	13.2	2
T1-6	20.5	16	0.8
Prosjek	21	14.3	1.5

Staza T1 sastoji se od šest otisaka, od kojih je pet uočljivo na izdanku i kreću se u smjeru sjevera. Dimenzije otisaka date su u Tab. 1, a fotografije na Sl. 11. Iako lijevi prst kod otiska T1-2 nije jasno vidljiv, to je najbolje očuvan otisak u toj stazi. S obzirom na kut desnog prsta u odnosu na srednji prst, otisak vjerojatno pripada desnoj nozi. Otisak T1-4 nije uočen te se pretpostavlja da bi se trebao nalaziti na tom mjestu. Visina kukovlja iznosi približno 94 cm. Udaljenost između otisaka je manja od četverostruke duljine otiska što znači da je dinosaur koji ostavio te otiske hodao, a izračunata brzina kretanja iznosi 6.23 km/h.



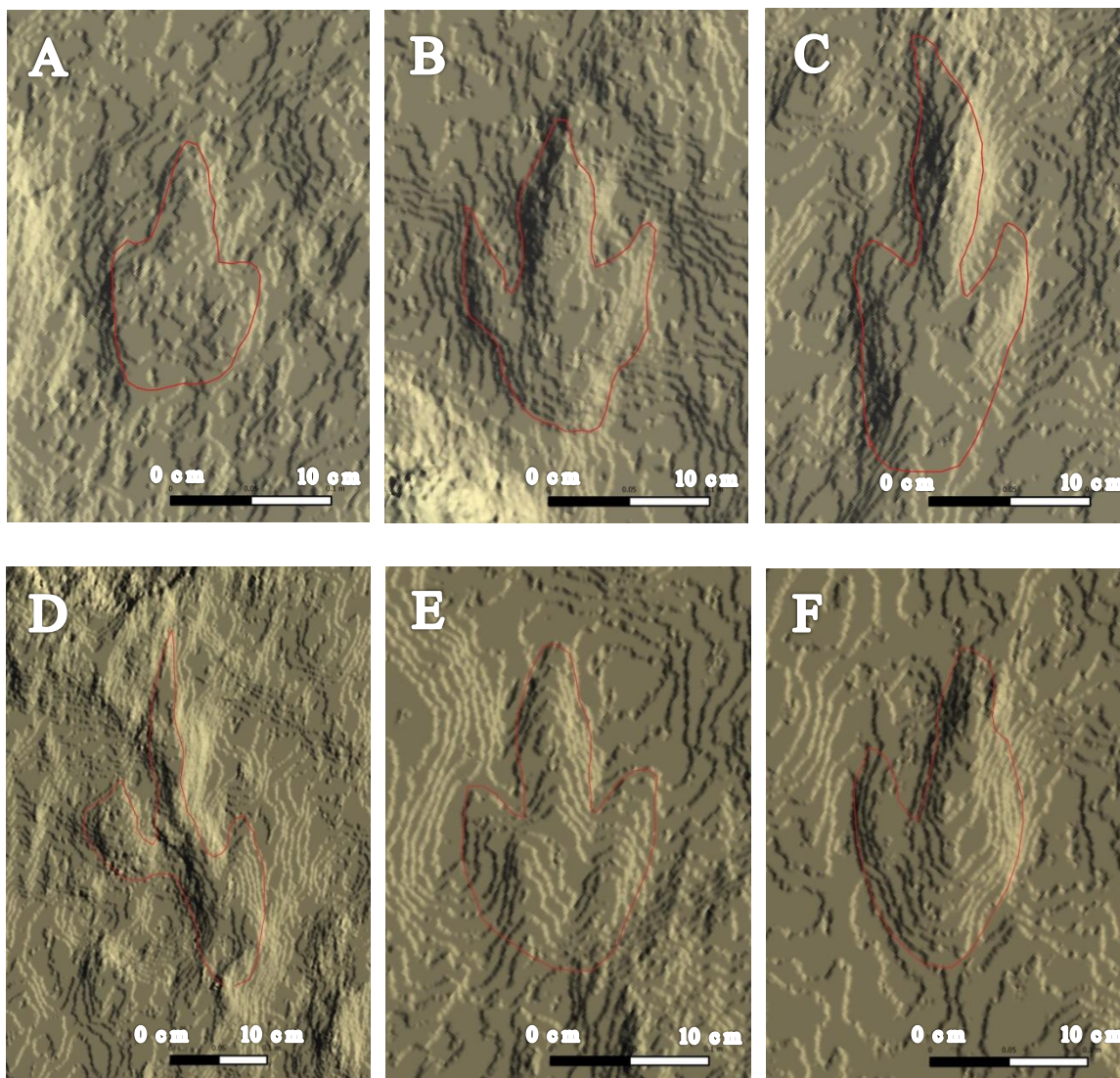
Slika 11. Otisci stopala iz staze T1: A) Otisak T1-1; B) Otisak T1-2; C) Otisak T1-3; D) Otisak T1-5; E) Otisak T1-6; (Crvena linija predstavlja interpretaciju vanjskog ruba otiska)

Opis staze T2

Tablica 2. Duljina, širina i dubina otisaka iz staze T2 (cm)

	Duljina	Širina	Dubina
T2-1	16.7	11.3	0.7
T2-2	20.8	13.9	1.5
T2-3	28.0	12.4	1.3
T2-4	38.2	180	1.3
T2-5	20.7	12.5	0.7
T2-6	20.4	110	0.9
Prosjek	24.1	13.2	1.1

U stazi T2 nalazi se 6 otisaka stopala koji su usmjereni prema sjeveroistoku. Dimenzije otisaka prikazane su u Tab. 2, a fotografije na Sl. 12. Otiske T2-1 – T2-3 su prije otkrili Dalla Vecchia i Tarlao (2000), dok su otisci T2-4 – T2-6 otkriveni u ovom istraživanju i dodani stazi T2. T2-2 je najbolje očuvani otisak u stazi. Lijevi prst mu je veći od desnog i kut između lijevog i srednjeg prsta je manji od kuta između desnog i srednjeg prsta, te se može zaključiti da otisak pripada lijevoj nozi. Izračunata visina kukovlja iznosi približno 108 cm. Brzina kretanja iznosi oko 5.65 km/h, što kod tog dinosaura znači da je hodao što se vidi na temelju duljine koraka u odnosu na četverostruku duljinu otiska.



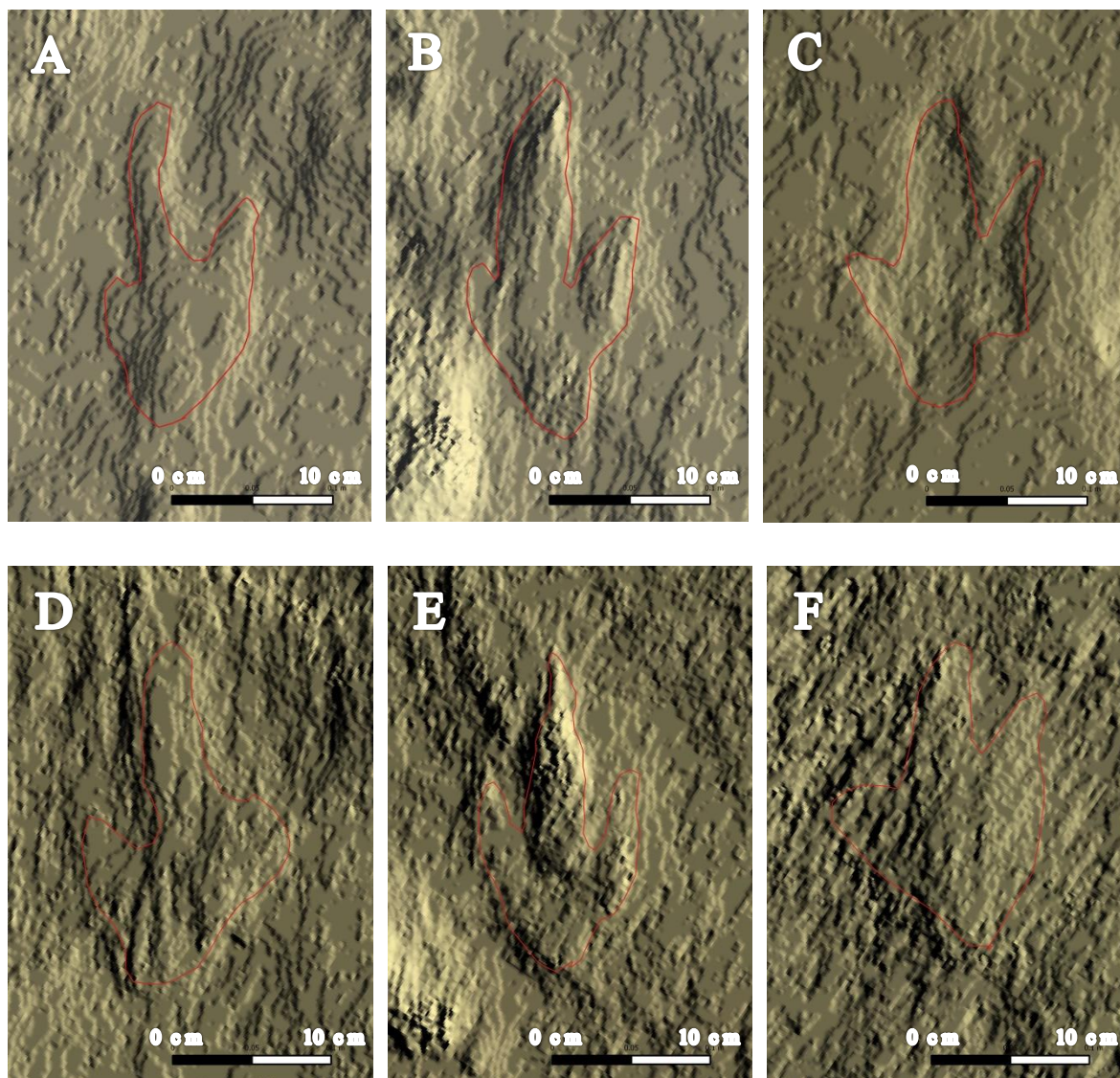
Slika 12. Otisci stopala iz staze T2: A) Otisak T2-1; B) Otisak T2-2; C) Otisak T2-3; D) Otisak T2-4; E) Otisak T2-5; F) Otisak T2-6; (Crvena linija predstavlja interpretaciju vanjskog ruba otiska)

Opis staze T3

Tablica 3. Duljina, širina i dubina otisaka iz staze T3 (cm)

	Duljina	Širina	Dubina
T3-1	20.7	11.1	1.0
T3-2	20.4	10.7	0.9
T3-3	20.2	11.6	0.9
T3-4	23.2	171	0.9
T3-5	20.5	11.1	1.5
T3-6	19.9	14.5	1
Prosjek	20.8	12.7	1

Staza T3 je orijentirana prema jugozapadu i sastoji se od 6 otiska stopala. Dimenzije otisaka nalaze se u Tab. 3, a fotografije na Sl. 13. Desni prst otiska T3-3 je dulji od lijevog i kut između njega i srednjeg prsta je manji nego kod lijevog pa najvjerojatnije predstavlja četvrti prst što znači da otisak pripada desnoj nozi. Procijenjena visina kukovlja iznosi 94 cm. U ovoj stazi je duljina koraka je nešto veća od četverostruke duljine otiska te se može zaključiti da je dinosaur bio u laganom trku, a kretao se brzinom od oko 7.63 km/h.



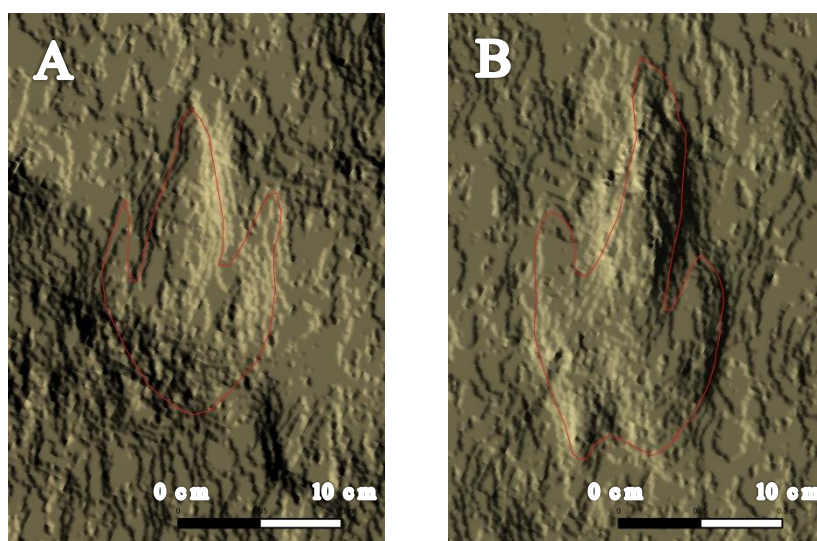
Slika 13. Otisci stopala iz staze T3: A) Otisak T3-1; B) Otisak T3-2; C) Otisak T3-3; D) Otisak T3-4; E) Otisak T3-5; F) Otisak T3-6; (Crvena linija predstavlja interpretaciju vanjskog ruba otiska)

Opis staze T4

Tablica 4. Duljina, širina i dubina otisaka iz staze T4 (cm)

	Duljina	Širina	Dubina
T4-1	18.2	11.8	0.8
T4-3	24.6	12.6	1.7
Prosjek	21.4	12.2	1.3

Staza T4 sastoji se od dva otiska no pretpostavlja se da bi se između njih trebao nalaziti još jedan otisak. Orijentirani u smjeru jugozapada. Dimenzije otisaka stopala date su u Tab. 4, a fotografije na Sl. 14. Kod oba otiska je teško zaključiti kojem stopalu bi mogli pripadati. Visina kukovlja iznosi oko 96 cm. Duljina koraka je procijenjena s obzirom da srednji otisak nedostaje i njena vrijednost je manja od četverostruke duljine otiska pa se može zaključiti da je dinosaur hodao. Brzina kretanja iznosi približno 6.26 km/h.



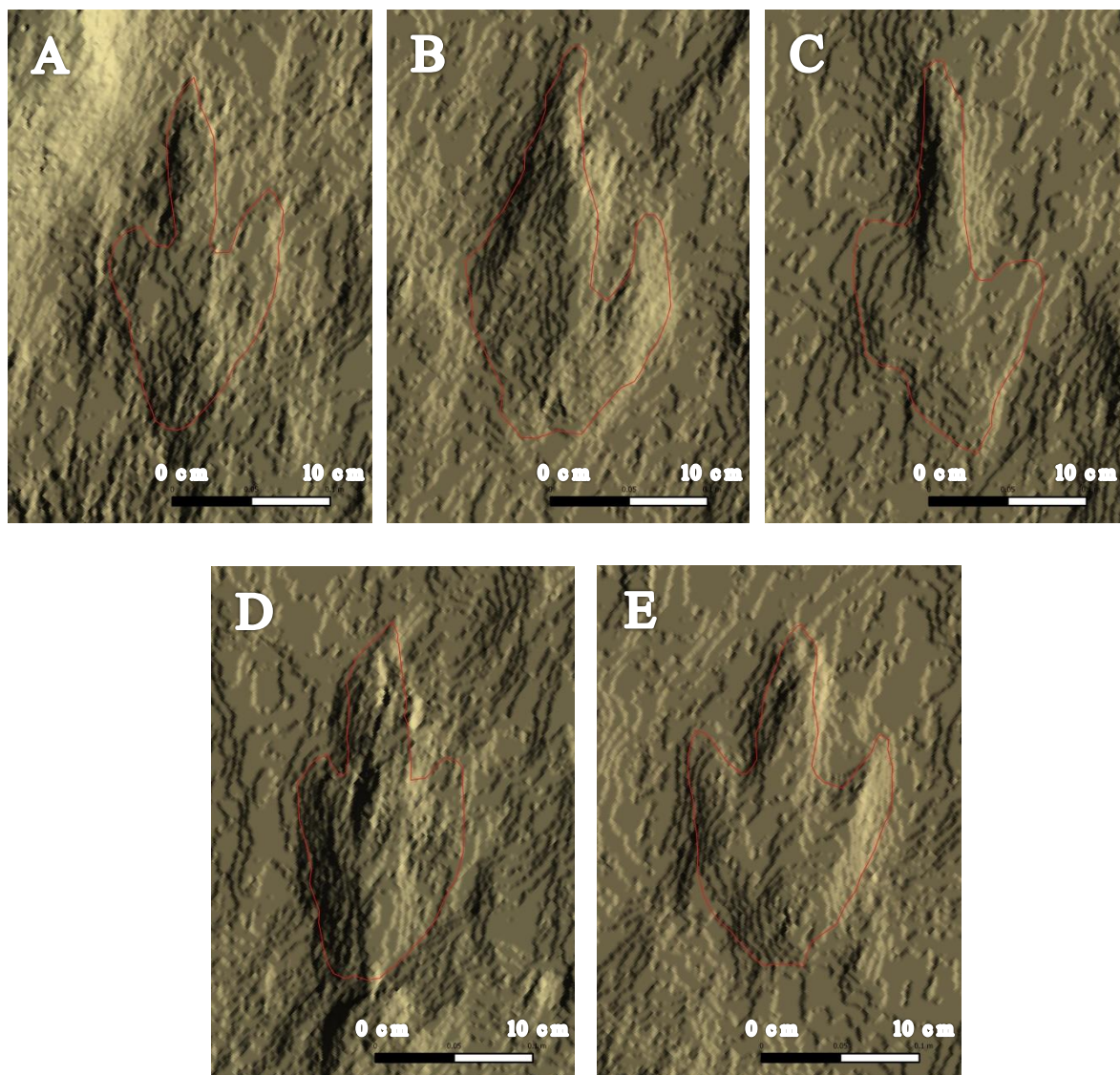
Slika 14. Otisci stopala iz staze T4: A) Otisak T4-1; B) Otisak T4-3; (Crvena linija predstavlja interpretaciju vanjskog ruba otiska)

Opis staze T5

Tablica 5. Duljina, širina i dubina otisaka iz staze T5 (cm)

	Duljina	Širina	Dubina
T5-1	20.9	12.6	1.1
T5-2	21.6	12.7	1.3
T5-3	21.6	14.1	0.8
T5-4	22.1	13	1.5
T5-5	21.5	12.8	1.1
Prosjek	21.5	13	1.2

U stazi T5 nalazi se 5 otisaka stopala usmjerenih prema sjeveroistoku. Dimenzije otisaka stopala prikazane su u Tab. 5, a fotografije na Sl. 15. T5-5 je najbolje očuvan otisak, iako oba vanjska prsta izgledaju veoma slično, desni prst je malo dulji od lijevog i pod manjim je kutom u odnosu na srednji prst, pa bi otisak mogao pripadati desnoj nozi. izračunata visina kukovlja iznosi 97 cm, a procijenjena je brzina kretanja od 5.22 km/h, a budući da je duljina koraka manja od četverostruke duljine koraka, dinosaur koji ostavio te otiske je hodao.



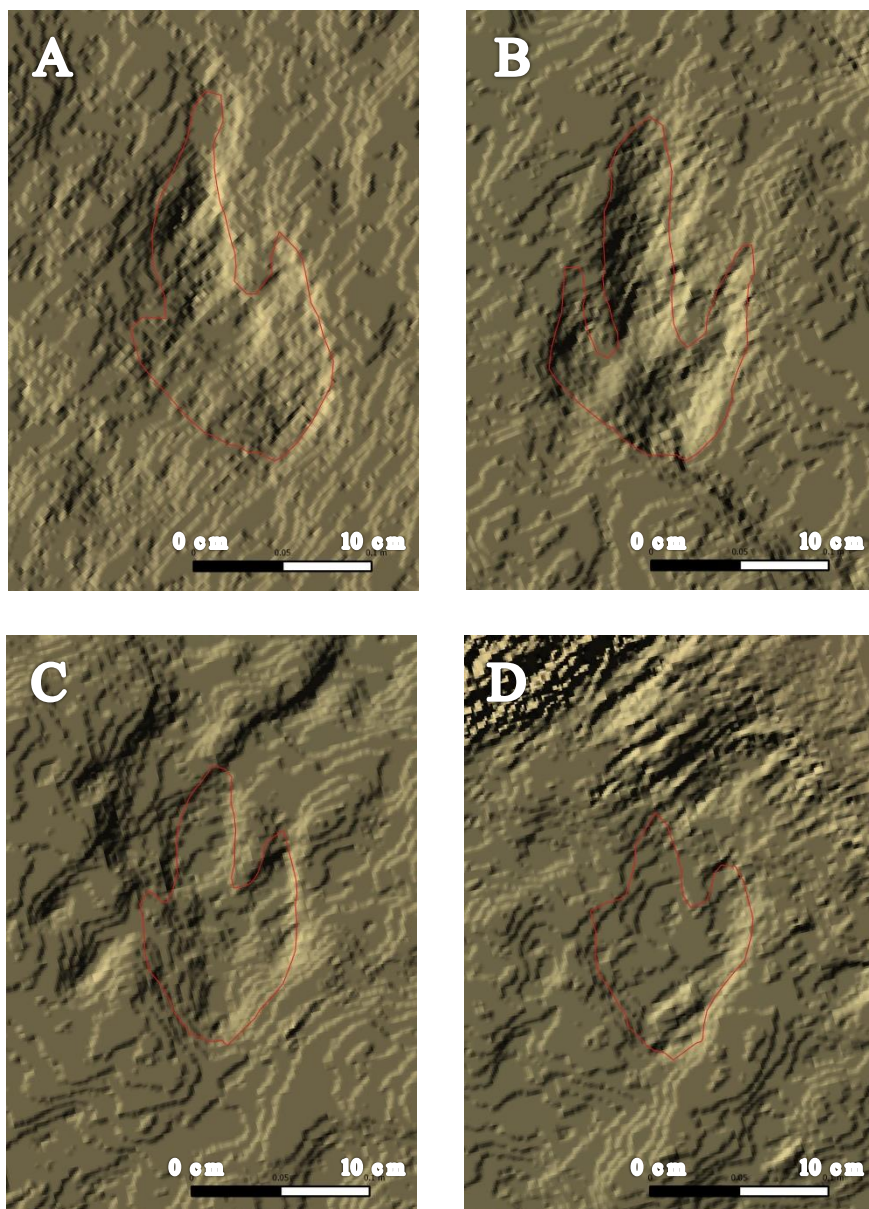
Slika 15. Otisci stopala iz staze T5: A) Otisak T5-1; B) Otisak T5-2; C) Otisak T5-3; D) Otisak T5-4; E) Otisak T5-5; (Crvena linija predstavlja interpretaciju vanjskog ruba otiska)

Opis staze T6

Tablica 6. Duljina, širina i dubina otisaka iz staze T6 (cm)

	Duljina	Širina	Dubina
T6-1	16.6	11.4	0.8
T6-3	19.8	12.3	2
T6-4	20.2	12	1.1
T6-5	15.7	10.6	0.5
Prosjek	18.1	11.6	1.1

Staza T6 sastoji se od pet otisaka stopala od kojih drugi nije vidljiv. Orijentacija staze je u smjeru sjever - sjeveroistok. Dimenzije otisaka stopala date su u Tab. 6, a fotografije na Sl. 16. Najbolje očuvani otisak u stazi je T6-3. Desni prst mu je dulji od lijevog i vjerojatno pripada desnom stopalu. Izračunata visina kukovlja iznosi 81 cm. Duljina koraka je veća od četiri duljine otiska te se može zaključiti da je dinosaur trčao, a brzina kretanja iznosi oko 9.32 km/h.



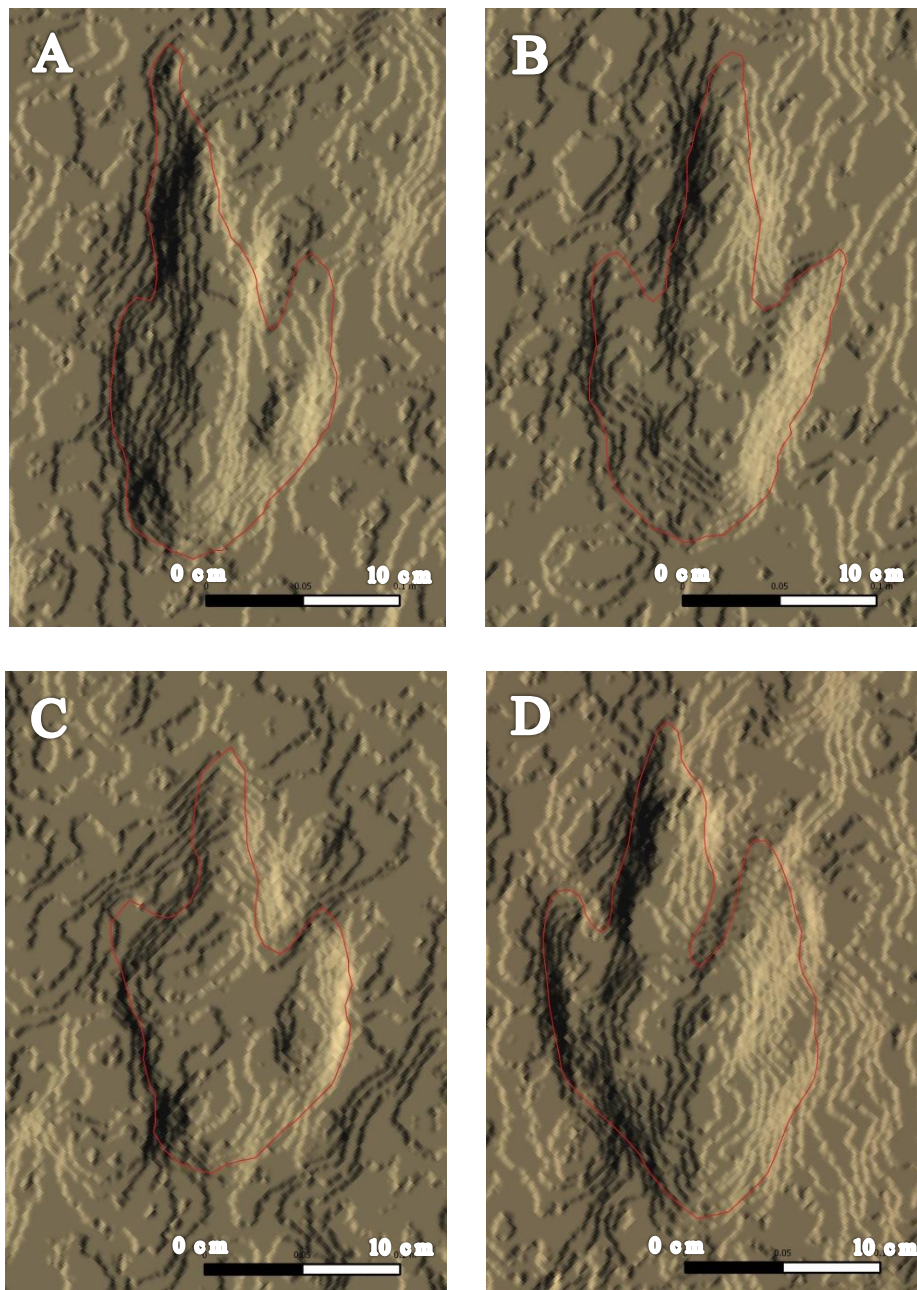
Slika 16. Otisci stopala iz staze T6: A) Otisak T6-1; B) Otisak T6-3; C) Otisak T6-4; D) Otisak T6-5;
(Crvena linija predstavlja interpretaciju vanjskog ruba otiska)

Opis staze T11

Tablica 7. Duljina, širina i dubina otisaka iz staze T11 (cm)

	Duljina	Širina	Dubina
T11-1	26.5	12.4	1
T11-2	24.6	13.5	1
T11-3	22.6	12.6	1
T11-4	26.6	15.2	1.2
Prosjek	25.1	13.4	1.1

Sedma staza T11 se sastoji od 4 otisaka stopala orijentiranih prema sjeveroistoku. Dimenzije otisaka nalaze se u Tab. 7, a fotografije na Sl. 17. Kod otisaka T11-2 i T11-4 kutovi između vanjskih prstiju i srednjeg prsta je teško razlikovati, no kod oba otiska je desni prst nešto veći od lijevog te najvjerojatnije pripadaju desnom stopalu. Visina kukovlja iznosi oko 113 cm, a izračunata je brzina kretanja od oko 4.25 km/h. Četverostruka duljina otiska je veća od duljine koraka što znači da je dinosaur hodao.



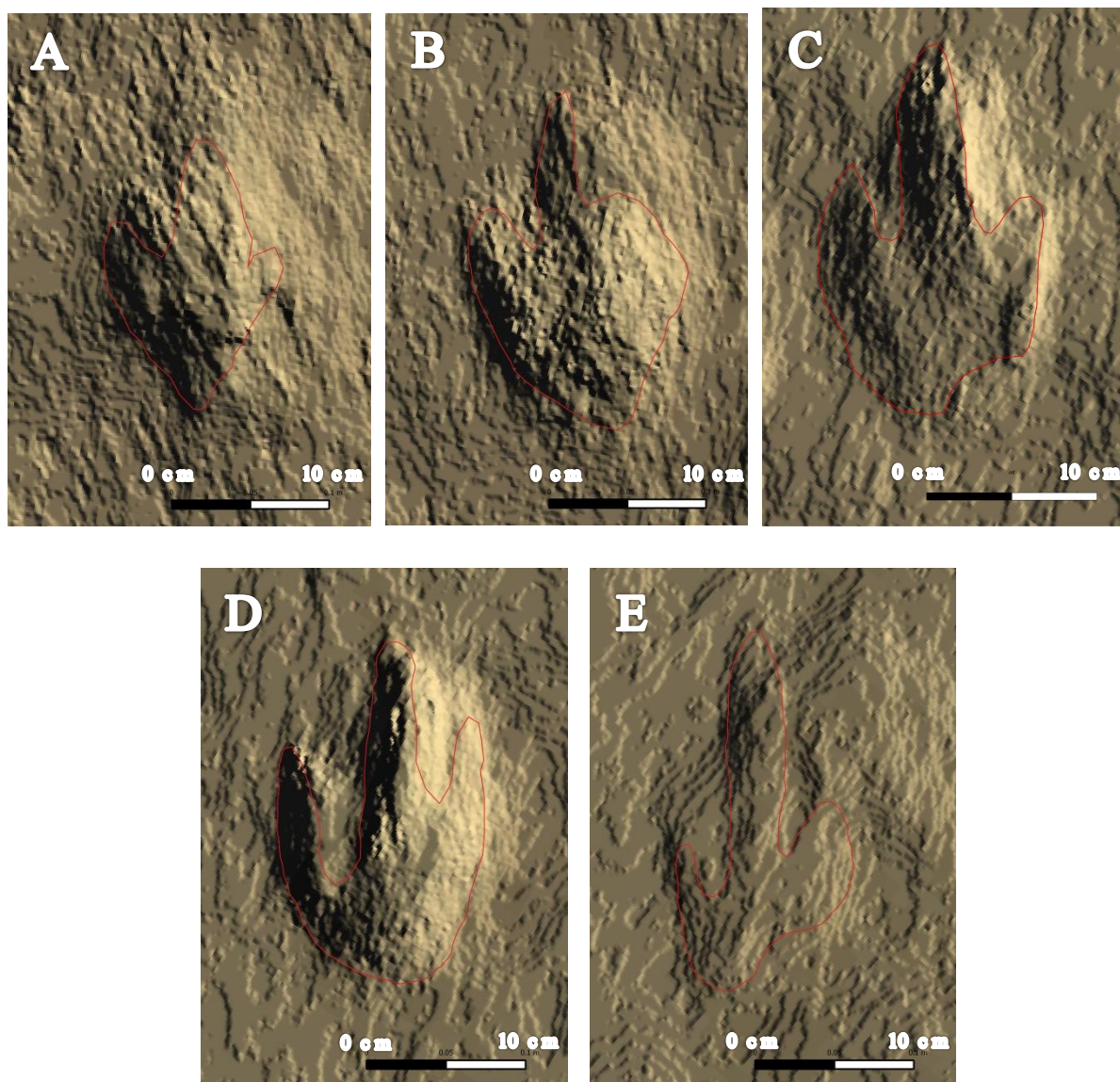
Slika 17. Otisci stopala iz staze T11: A) Otisak T11-1; B) Otisak T11-2; C) Otisak T11-3; D) Otisak T11-4; (Crvena linija predstavlja interpretaciju vanjskog ruba otiska)

Opis staze T12

Tablica 8. Duljina, širina i dubina otisaka iz staze T12 (cm)

	Duljina	Širina	Dubina
T12-2	19.7	14.4	2.7
T12-3	23.4	16.1	3.5
T12-4	22.6	15.2	2.6
T12-5	22.5	15.4	4
T12-6	23.8	12.6	0.9
Prosjek	22.4	14.8	2.7

Staza T12 orijentirana je u smjeru jugozapada. Na prvom otisku u stazi nije moguće napraviti mjerenja zbog loše kvalitete slike na tom području, no prema Dalla Vecchia i Tarlao (2000), on je prisutan na izdanku. Dimenzije otisaka stopala nalaze se u Tab. 8, a fotografije na Sl. 18. Kod otiska T12-4 lijevi je prst veći od desnog i pod manjim je kutom u odnosu na srednji prst od desnog te otisak vjerojatno pripada lijevom stopalu. Tragovi u stazi su orijentirani jugozapadno. Izračunata je visina kukovlja od približno 101 cm. Duljina koraka je manja od četiri duljine otiska što dovodi do zaključka da je dinosaur koji je ostavio te otiske hodao, a izračunata brzina iznosi oko 5.15 km/h.



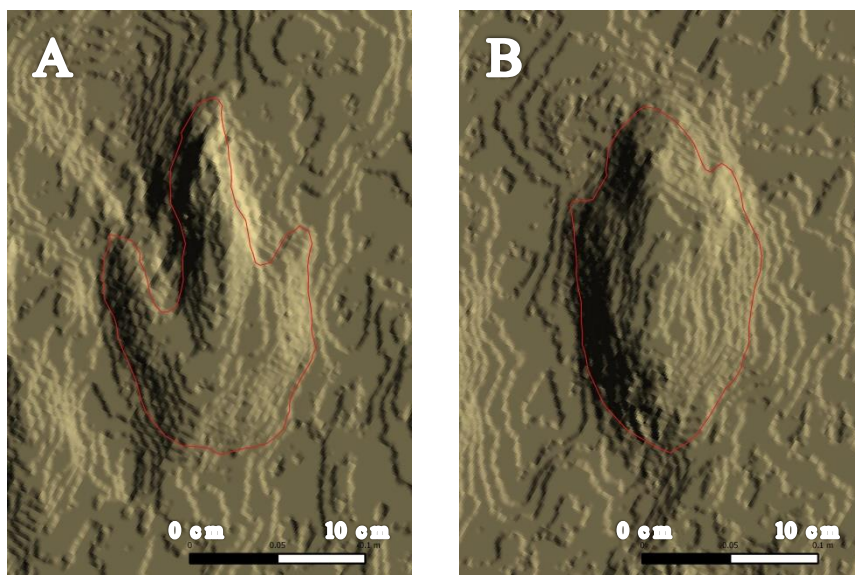
Slika 18. Otisci stopala iz staze T12: A) Otisak T12-2; B) Otisak T12-3; C) Otisak T12-4; D) Otisak T12-5; E) Otisak T12-6; (Crvena linija predstavlja interpretaciju vanjskog ruba otiska)

Opis staze T14

Tablica 9. Duljina, širina i dubina otisaka iz staze T14 (cm)

	Duljina	Širina	Dubina
T14-1	21	13.7	1.5
T14-3	21.2	14	1.8
Prosjek	21.1	13.9	01.7

Staza T14 se sastoji od dva otiska stopala te je orijentirana u smjeru sjeveroistoka. Pretpostavlja se da bi se između njih trebao nalaziti još jedan otisak, no on nije pronađen. Dimenzije otisaka stopala date su u Tab 9, a fotografije na Sl. 19. Lijevi prst kod otiska T14-1 je nešto dulji od desnog i lijeva strana otiska je malo dublja od desne pa bi mogao pripadati lijevom stopalu. Otisak T14-2 nije vidljiv, dok duljina otiska T14-3 (Slika 19.B) iznosi 21.2 cm, širina 14 cm te dubina 1.8 cm, ali mu prsti nisu ostali lijepo sačuvani nego je više eliptičnog izgleda. Izračunata visina kukovlja iznosi 0.95 m. Duljina koraka je manja od četiri duljine otiska pa zaključujemo da je dinosaur trčao, a njegova brzina iznosi 8.57 km/h.



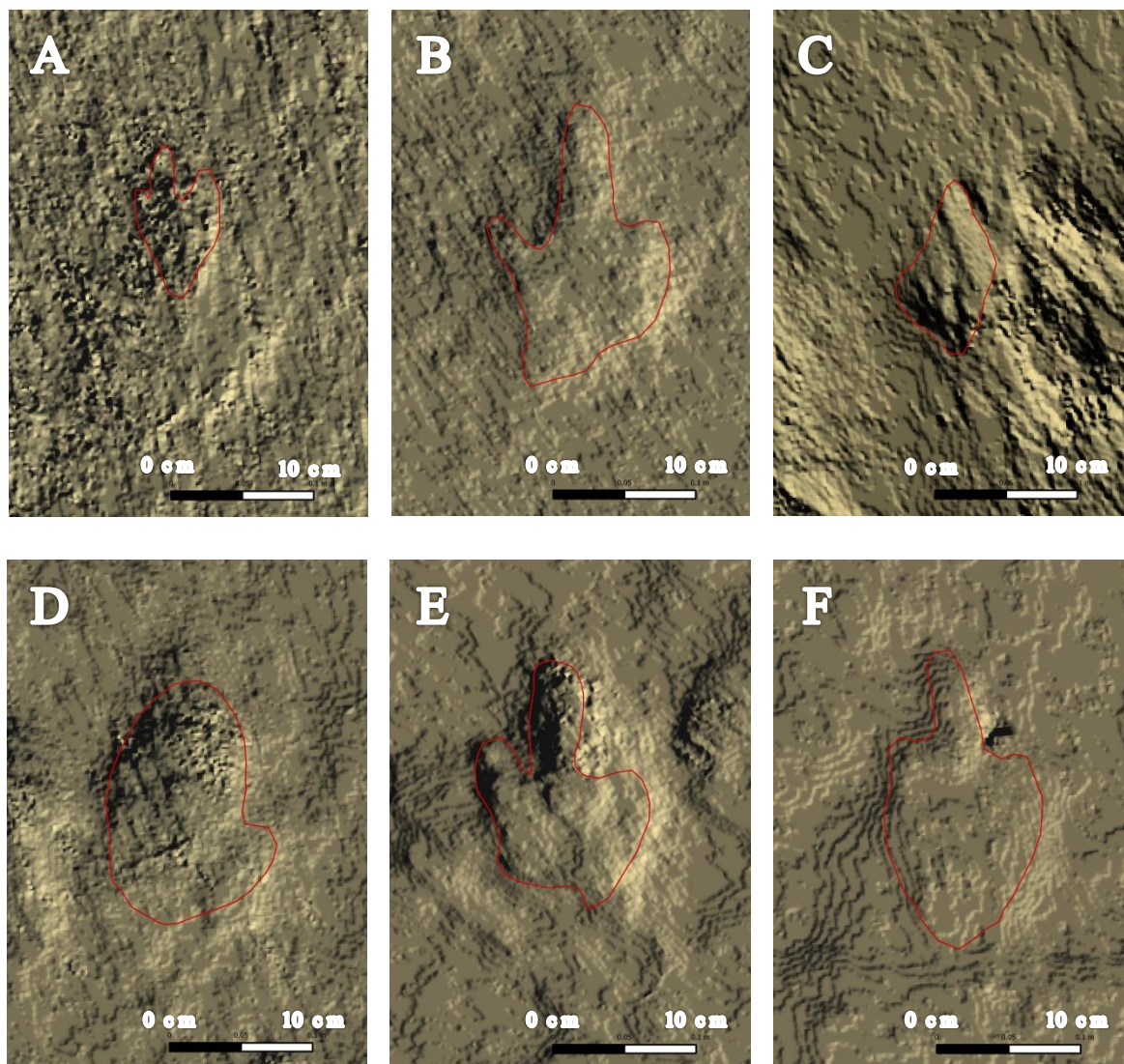
Slika 19. Otisci stopala iz staze T14: A) Otisak T14-1; B) Otisak T14-3; (Crvena linija predstavlja interpretaciju vanjskog ruba otiska)

Opis staze T17

Tablica 10. Duljina, širina i dubina otisaka iz staze T17 (cm)

	Duljina	Širina	Dubina
T17-1	9.7	6	1.3
T17-5	15	13	1.1
T17-6	11.9	7.6	1.1
T17-7	19.2	14.5	1.8
T17-8	20.4	15.7	2.1
T17-9	20	12.1	1.3
Prosjek	16	11.4	1.5

Prema Dalla Vechia i Tarlao (2000), staza T17 se sastoji od devet otiska jugoistočne orijentacije, od kojih troje nije moguće mjeriti zbog lošije kvalitete snimke na tom dijelu izdanka. Dimenzije otisaka prikazane su u Tab. 10, a fotografije na Sl. 20. Svi su otisci veoma loše očuvani bez jasno vidljivih prstiju te je veoma teško odrediti kojem bi stopalu koji otisak mogao pripadati. Visina kukovlja iznosi približno 72 cm. Brzina kretanja iznosi oko 6.37 km/h, što je kod tog dinosaura brzi hod ili kas s obzirom da je duljina koraka gotovo jednaka kao i četverostruka duljina otiska.



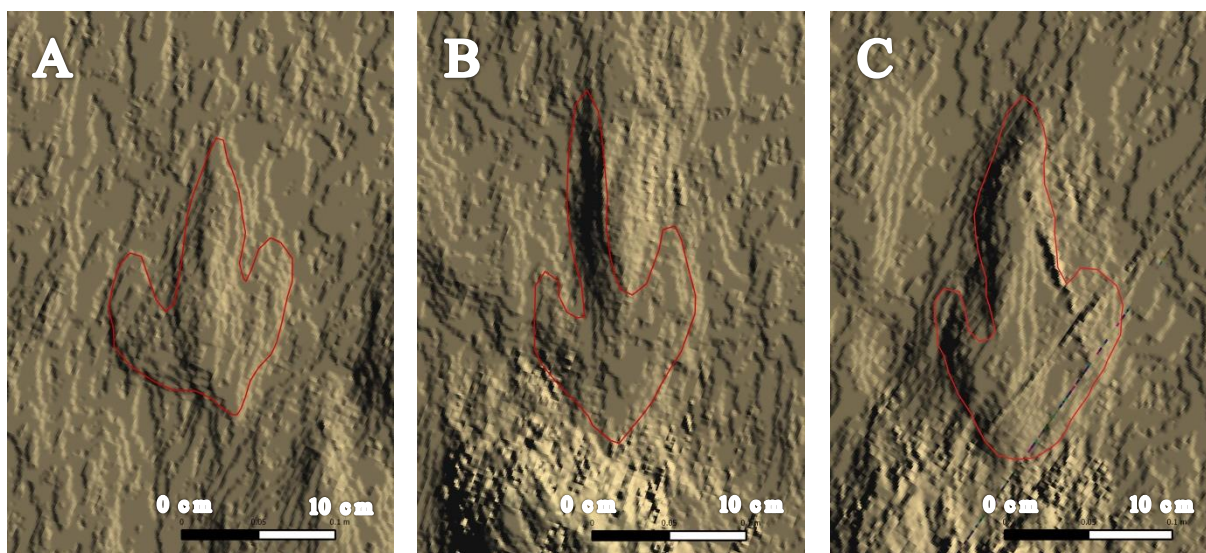
Slika 20. Otisci stopala iz staze T17: A) Otisak T17-1; B) Otisak T17-5; C) Otisak T17-6; D) Otisak T17-7; E) Otisak T17-8; F) Otisak T17-9; (Crvena linija predstavlja interpretaciju vanjskog ruba otiska)

Opis staze T18

Tablica 11. Duljina, širina i dubina otisaka iz staze T18 (cm)

	Duljina	Širina	Dubina
T18-1	18.1	12.5	0.8
T18-3	18.8	11.2	0.9
T18-4	18.6	10.8	0.9
Prosjek	18.7	11.5	0.9

U stazi T18 nalaze se tri otiska stopala jugozapadne orijentacije. Pretpostavlja se da bi se između prvog i trećeg otiska trebao nalaziti još jedan otisak stopala koji nije ostao sačuvan. Dimenzije otisaka date su u Tab. 11, a fotografije na Sl. 21. Izračunata visina kukovlja je otprilike 84 cm, a brzina kretanja 5.64 km/h. Duljina koraka je nešto manja od četiri duljine otiske što dovodi do zaključka da se dinosaur kretao brzim hodom.



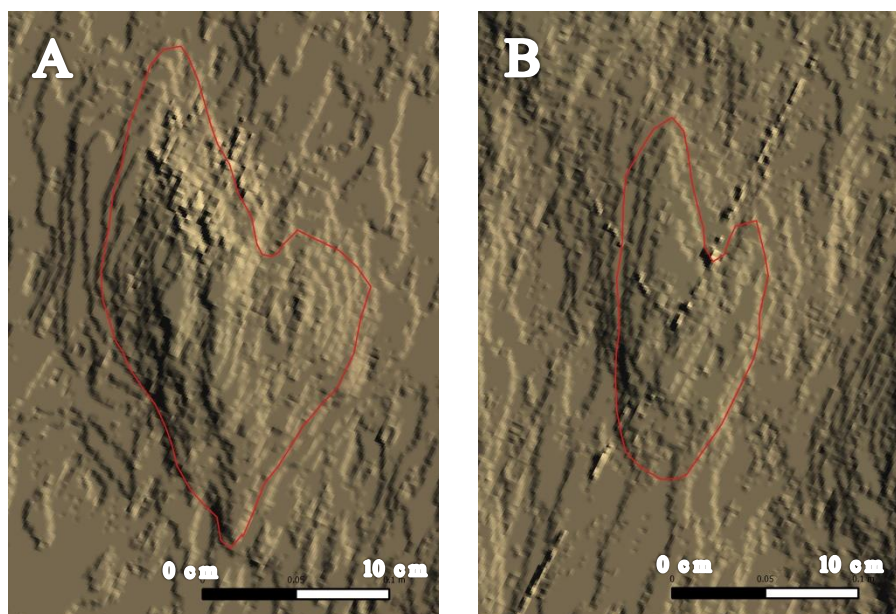
Slika 21. Otisci stopala iz staze T18: A) Otisak T18-1; B) Otisak T18-3; C) Otisak T18-4; (Crvena linija predstavlja interpretaciju vanjskog ruba otiska)

Opis staze T19

Tablica 12. Duljina, širina i dubina otisaka iz staze T19 (cm)

	Duljina	Širina	Dubina
T19-1	26.4	16.6	1.2
T19-3	19.4	13.7	0.6
Prosjek	22.9	15.2	0.9

Staza T19 je jugozapadne orijentacije i također nisu sačuvani svi otisci. Sastoji se od dva otiska. Dimenzije otisaka nalaze se u Tab. 12, a fotografije na Sl. 22. Kod oba otiska nedostaje lijevi prst te se ne može odrediti kojem stopalu su pripadali. Visina kukovlja iznosi približno 103 cm. Duljina koraka je nešto manja od četverostruke duljine otiska pa se dinosaur kretao brzim hodom, a izračunata brzina kretanja iznosi oko 6.88 km/h.



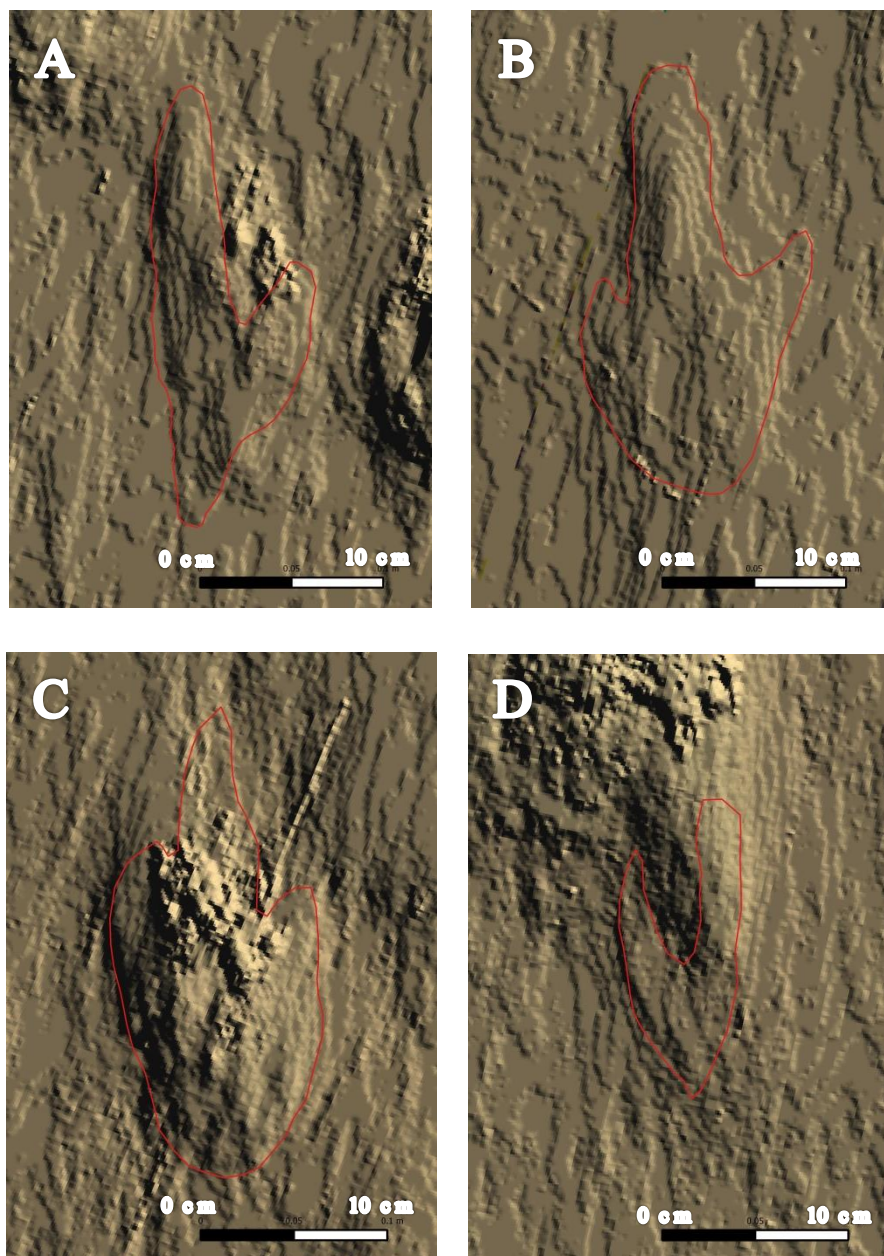
Slika 22. Otisci stopala iz staze T19: A) Otisak T19-1; B) Otisak T19-3; (Crvena linija predstavlja interpretaciju vanjskog ruba otiska)

Opis staze T20

Tablica 13. Duljina, širina i dubina otisaka iz staze T20 (cm)

	Duljina	Širina	Dubina
T20-1	23.3	10.6	1.4
T20-2	22.9	12.2	0.5
T20-3	25	12.4	2.5
T20-4	15	10	1.5
Prosjek	21.6	11.3	1.5

Staza T20 se sastoji od četiri otiska stopala koji su usmjereni prema jugozapadu. Dimenzije otisaka prikazane su u Tab. 13, a fotografije na Sl. 23. Niti jedan otisak nema jasno izdefinirana sva tri prsta, odnosno kod svakog nedostaje po jedan prst sa strane. Procijenjena visina kukovlja iznosi 97 cm, a duljina koraka je manja od četiri duljine otiska što dovodi do zaključka da je dinosaur hodao. Približna brzina kretanja iznosi 6.55 km/h.



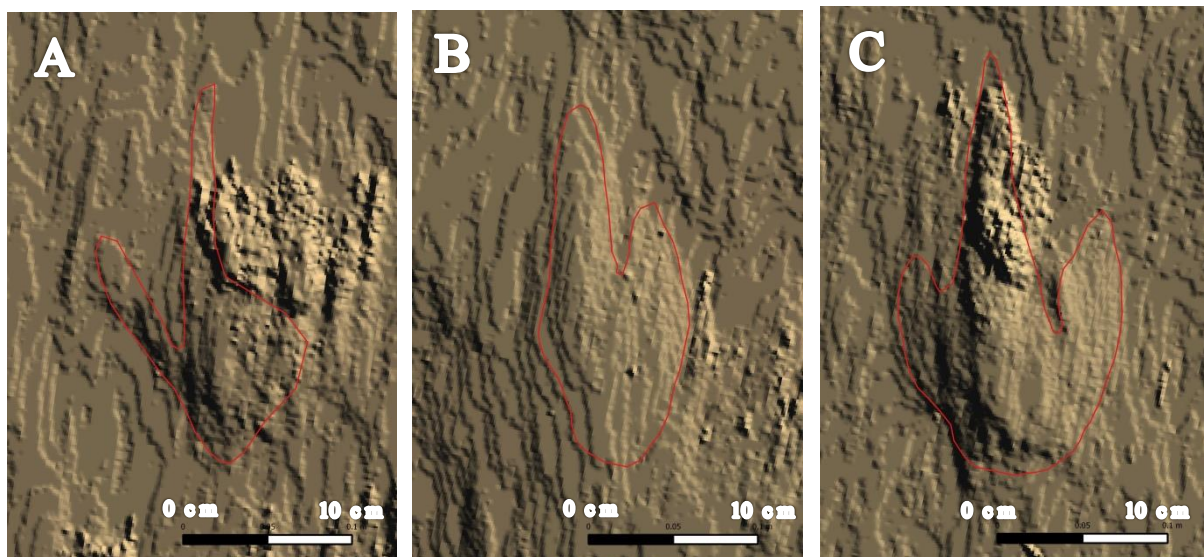
Slika 23. Otisci stopala iz staze T20: A) Otisak T20-1; B) Otisak T20-2; C) Otisak T20-3; D) Otisak T20-4; (Crvena linija predstavlja interpretaciju vanjskog ruba otiska)

Opis staze T21

Tablica 14. Duljina, širina i dubina otisaka iz staze T21 (cm)

	Duljina	Širina	Dubina
T21-1	22.5	13	1.1
T21-2	24.3	10	0.7
T21-3	24.9	14.3	2.7
Prosjek	23.9	12.4	1.5

Otisci u stazi T21 orijentirani su jugozapadno, te se staza sastoji od tri otiska. Dimenzije otisaka date su u Tab. 14, a fotografije na Sl. 24. T21-3 je najbolje očuvani otisak u stazi te s obzirom na duljinu vanjskih prstiju mogao bi pripadati desnom stopalu. Procijenjena visina kukovlja tog dinosaura iznosi 108 cm, a procijenjena brzina kretanja iznosi 5.51 km/h. Udaljenost između dva otiska je manja od četverostruke duljine otiska, što znači da je taj dinosaur hodao.



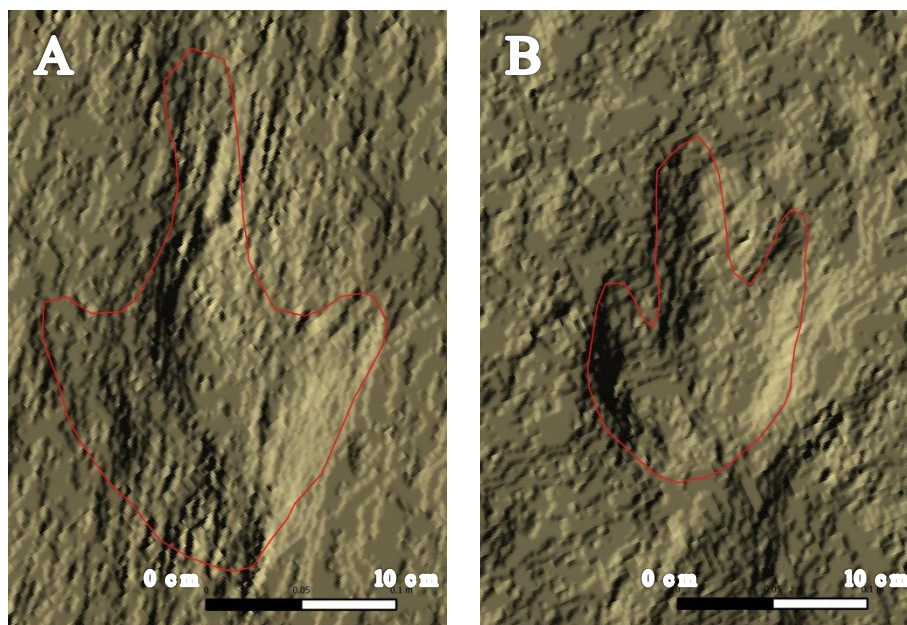
Slika 24. Otisci stopala iz staze T21: A) Otisak T21-1; B) Otisak T21-2; C) Otisak T21-3; (Crvena linija predstavlja interpretaciju vanjskog ruba otiska)

Opis staze T24

Tablica 15. Duljina, širina i dubina otisaka iz staze T24 (cm)

	Duljina	Širina	Dubina
T24-1	28.4	14.8	1.3
T24-3	17.3	12.5	1.5
Prosjek	22.8	13.7	1.4

Prema Dalla Vecchia i Tarlao (2000), staza T24 sastoji se od tri otiska, no na snimci su uočena samo dva. Staza je orijentirana prema sjeveroistoku. Dimenzije otisaka stopala prikazane su u Tab. 15, a fotografije na Sl. 25. Kod otiska T24-3 desni prst je veći od lijevog i otisak najvjerojatnije pripada desnom stopalu. Visina kukovlja iznosi približno 133 cm. Dužina koraka je manja od četverostruke dužine otiska što znači da je dinosaur hodao, a procijenjena brzina iznosi 5.58 km/h.



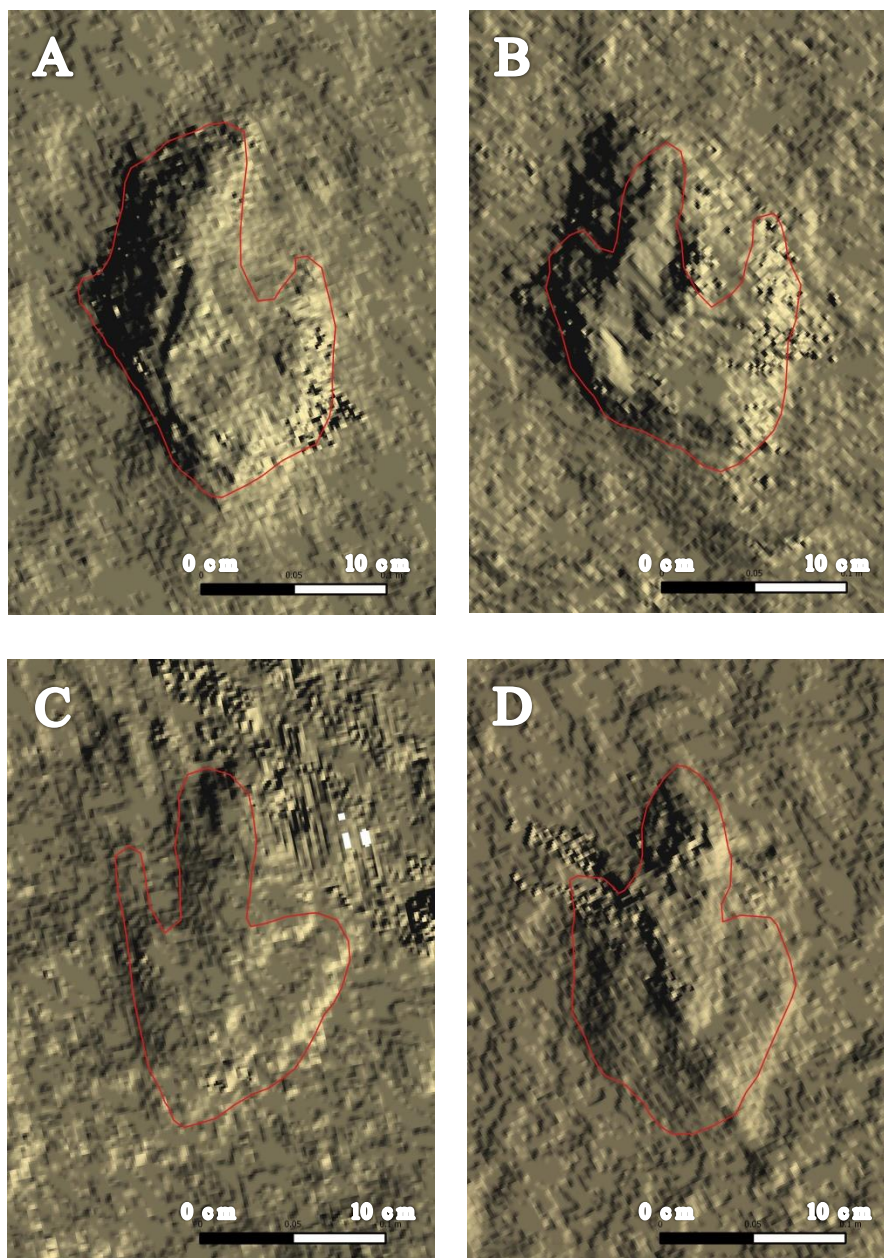
Slika 25. Otisci stopala iz staze T24: A) Otisak T24-1; B) Otisak T24-3; (Crvena linija predstavlja interpretaciju vanjskog ruba otiska)

Opis staze T25

Tablica 16. Duljina, širina i dubina otisaka iz staze T25 (cm)

	Duljina	Širina	Dubina
T25-1	22.1	16.2	3.8
T25-2	21.5	15.8	1.3
T25-3	18.4	15.2	1.3
T25-4	19.3	15.2	1.3
Prosjek	22.8	15.6	1.9

U stazi T25 nalazi se četiri otiska stopala orijentiranih jugoistočno. Dimenzije otisaka nalaze se u Tab. 16, a fotografije na Sl. 26. S obzirom na očuvanost otisaka teško je odrediti kojim stopalima su pripadali. Procijenjena visina kukovlja iznosi 103 cm, a četverostruka vrijednost duljine otiska je skoro jednaka kao u duljina koraka što znači da se taj dinosaur kretao brzim hodom ili kasom, a brzina njegovog kretanja iznosi oko 7.27 km/h.



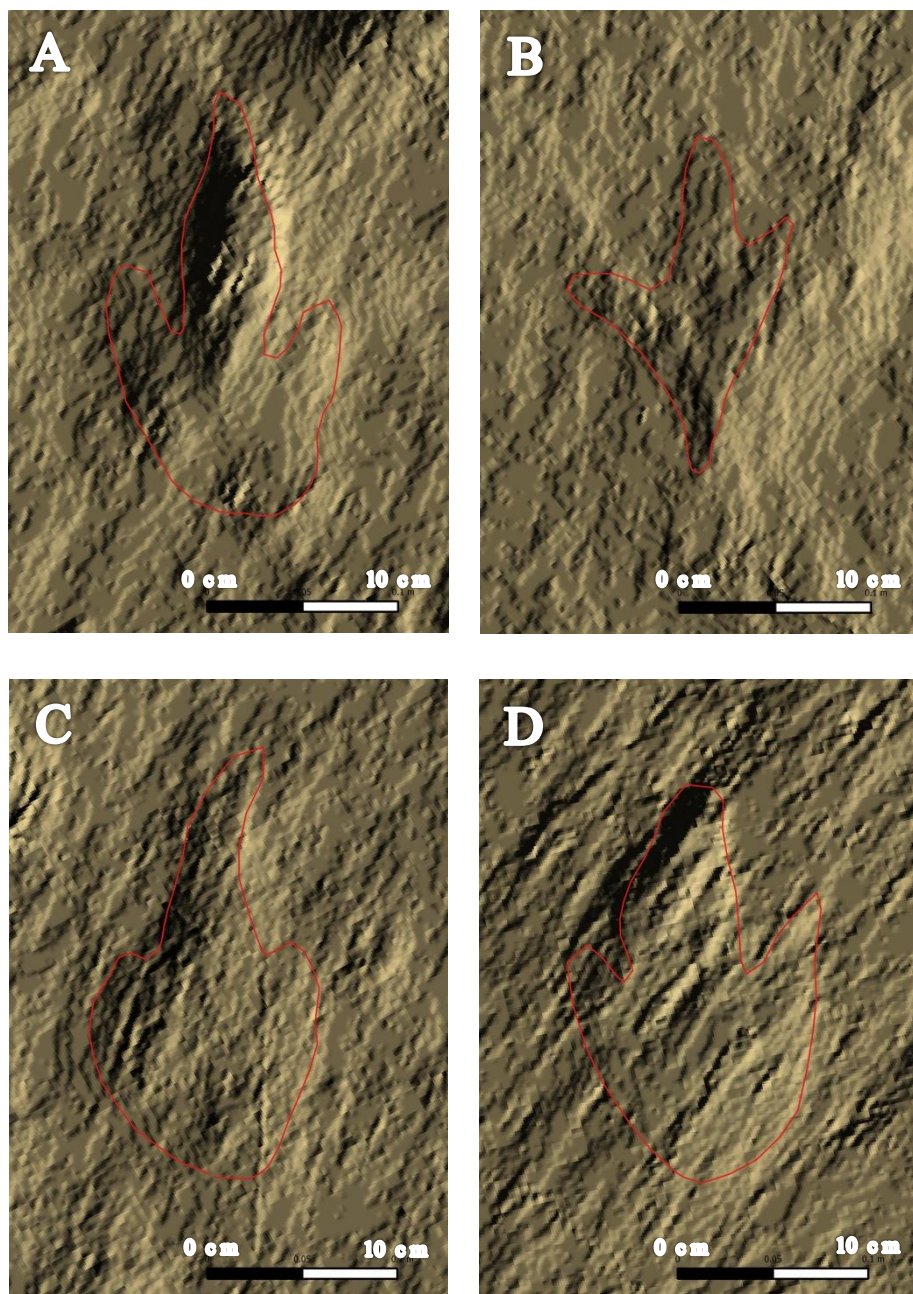
Slika 26. Otisci stopala iz staze T25: A) Otisak T25-1; B) Otisak T25-2; C) Otisak T25-3; D) Otisak T25-4; (Crvena linija predstavlja interpretaciju vanjskog ruba otiska)

Opis staze T26

Tablica 17. Duljina, širina i dubina otisaka iz staze T26 (cm)

	Duljina	Širina	Dubina
T26-1	19.3	12.9	1.9
T26-2	17.5	11.7	0.7
T26-3	26.5	18.8	0.8
T26-4	25.4	15.4	1.7
Prosjek	22.2	14.7	1.3

Staza T26 sastoji se od četiri otiska stopala orijentiranih sjeveroistočno. Dimenzije otisaka prikazane su u Tab. 17, a fotografije na Sl. 27. T26-1 je najbolje definirani otisak u stazi, lijevi prst je veći od desnog i otisak vjerojatno pripada lijevom stopalu. Izmjerena visina kukovlja iznosi 99 cm, a dužina koraka je nešto manja od četverostruke duljine otisaka, što dovodi do zaključka da je taj dinosaur hodao. Izmjerena brzina kretanja iznosi 6.7 km/h.



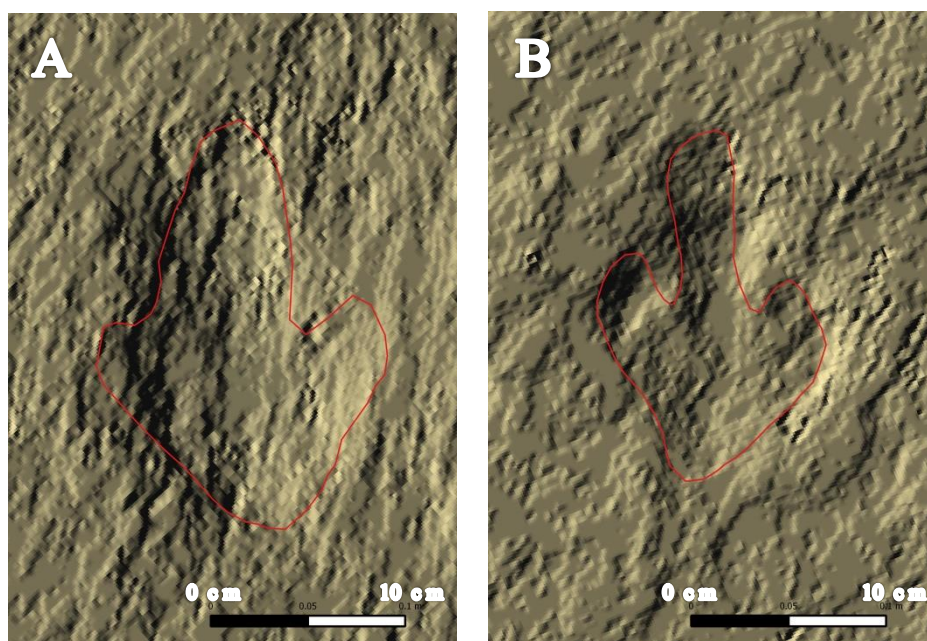
Slika 27. Otisci stopala iz staze T26: A) Otisak T26-1; B) Otisak T26-2; C) Otisak T26-3; D) Otisak T26-4; (Crvena linija predstavlja interpretaciju vanjskog ruba otiska)

Opis staze T27

Tablica 18. Duljina, širina i dubina otisaka iz staze T27 (cm)

	Duljina	Širina	Dubina
T27-1	22.1	15	1.7
T27-3	18.5	14.2	1.3
Prosjek	20.3	14.6	1.5

U Stazi T27 izmjerena su dva otiska stopala koja su orijentirana sjeveroistočno. Dimenzije otisaka date su u Tab. 18, a fotografije na Sl. 28. Približna visina kukovlja iznosi 91 cm, a brzina kretanja oko 4.72 km/h. Dužina koraka je također manja od četverostruke duljine otiska što znači da je dinosaur hodao.



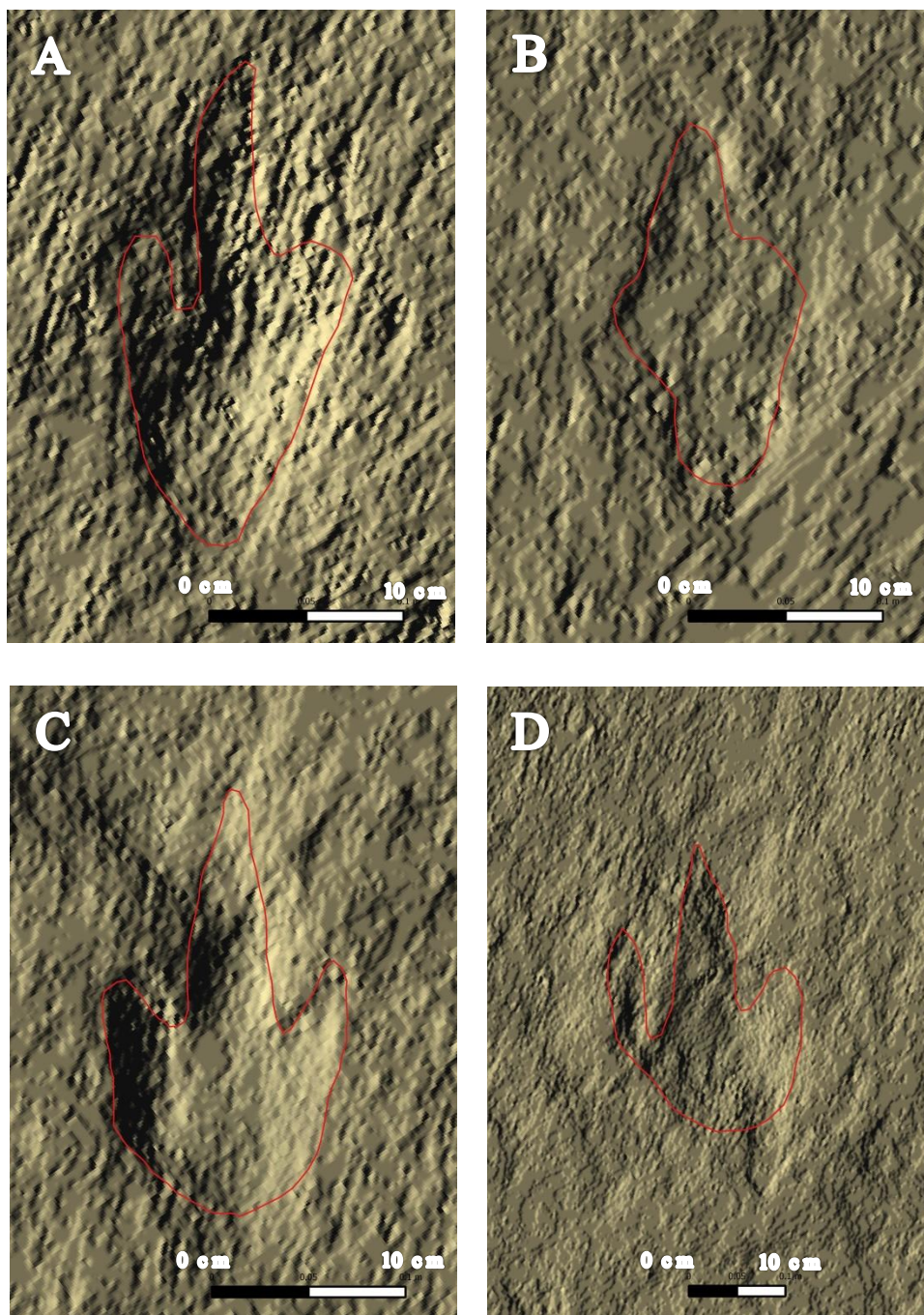
Slika 28. Otisci stopala iz staze T27: A) Otisak T27-1; B) Otisak T27-3; (Crvena linija predstavlja interpretaciju vanjskog ruba otiska)

Opis staze T28

Tablica 19. Duljina, širina i dubina otisaka iz staze T28 (cm)

	Duljina	Širina	Dubina
T28-1	25.3	16.9	3.2
T28-2	21.9	11.9	0.7
T28-3	20.8	12.6	1.8
T28-5	29.6	20.4	1.7
Prosjek	24.4	15.5	1.9

U stazi T28 nalazi se četiri otiska stopala sjeveroistočne orijentacije. Dimenzije otisaka nalaze se u Tab. 19, a fotografije na Sl. 29. T28-5 je novootkriveni otisak te je dodan stazi T28. Otiscima je veoma teško odrediti kojem stopalu pripadaju. Izračunata vrijednost visine kukovlja iznosi 110 cm, a duljina koraka je manja od četverostruke duljine otiska te dovodi do zaključka da je taj dinosaur također hodao te se kretao brzinom od oko 3.89 km/h.



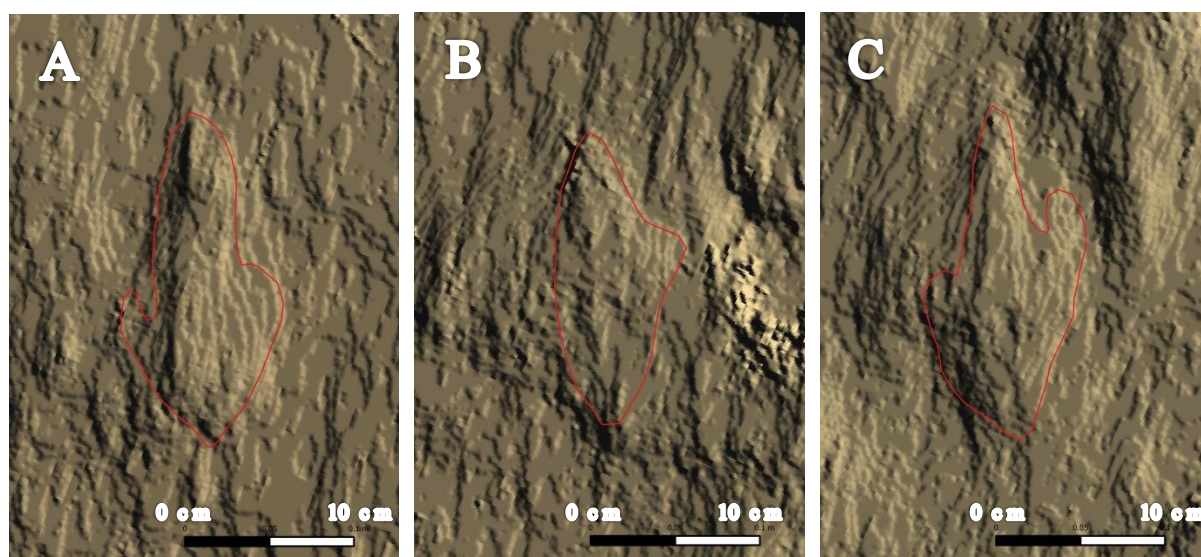
Slika 29. Otisci stopala iz staze T28: A) Otisak T28-1; B) Otisak T28-2; C) Otisak T28-3; D) Otisak T28-5; (Crvena linija predstavlja interpretaciju vanjskog ruba otiska)

Opis staze T29

Tablica 20. Duljina, širina i dubina otisaka iz staze T29 (cm)

	Duljina	Širina	Dubina
T29-1	22.4	12.3	1
T29-2	18.5	8.7	1.5
T29-3	21.1	14.4	0.9
Prosjek	20.7	11.8	1.1

Staza T29 sastoji se od tri otiska stopala usmjerenih jugozapadno. Dimenzije otisaka date su u Tab. 20, a fotografije na Sl. 30. Otisak T29-2 je djelomično očuvan te nedostaje lijevi prst. Visina kukovlja iznosi približno 93 cm. Duljina koraka je manja od četverostruke duljine otiska, pa je dinosaur hodao, a izmjerena brzina kretanja iznosi oko 4.36 km/h.



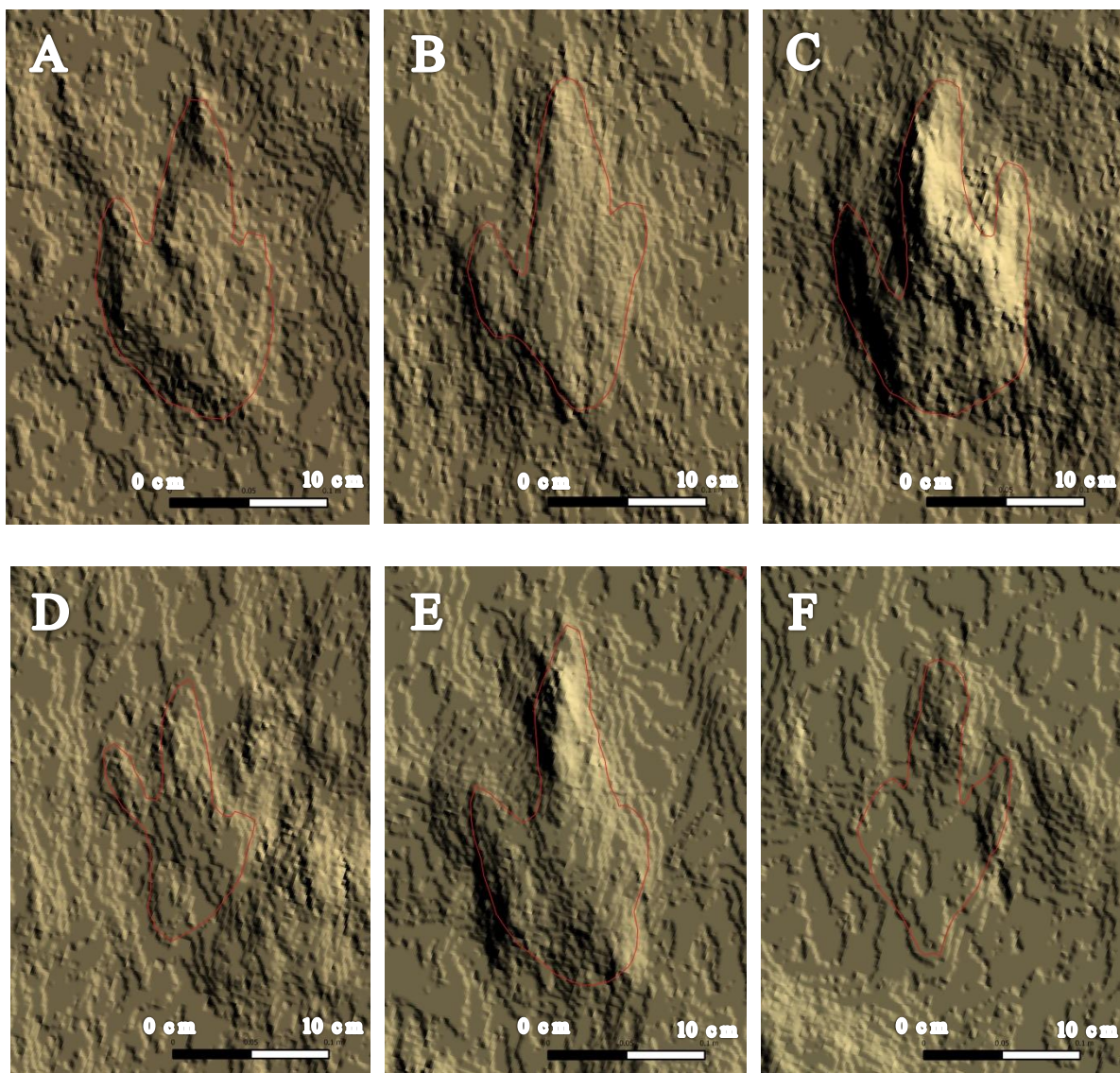
Slika 30. Otisci stopala iz staze T29: A) Otisak T29-1; B) Otisak T29-2; C) Otisak T29-3; (Crvena linija predstavlja interpretaciju vanjskog ruba otiska)

Opis staze T32

Tablica 21. Duljina, širina i dubina otisaka iz staze T32 (cm)

	Duljina	Širina	Dubina
T32-1	15.1	11.7	0.8
T32-3	23.5	13.3	1.1
T32-4	23.3	13	3.4
T32-5	17.0	9.2	0.6
T32-6	25.5	12.4	1.8
T32-7	21.8	12.6	0.6
Prosjek	21	12	1.3

Staza T32 je orijentirana u smjeru jugozapada, i sastoji se od šest otisaka stopala. Dimenzije otisaka nalaze se u Tab. 21, a fotografije na Sl. 31. T32-4 najbolje je očuvani otisak, desni prst je veći od lijevog, pod manjim je kutom u odnosu na srednji prst i desna strana je dublja od lijeve. S obzirom na ta svojstva, otisak vjerojatno pripada desnom stopalu. Procijenjena visina kukovlja iznosi 95 cm. Duljina koraka je manja od četiri duljine otiska što znači da je dinosaur hodao te se kretao brzinom od oko 5.58 km/h.



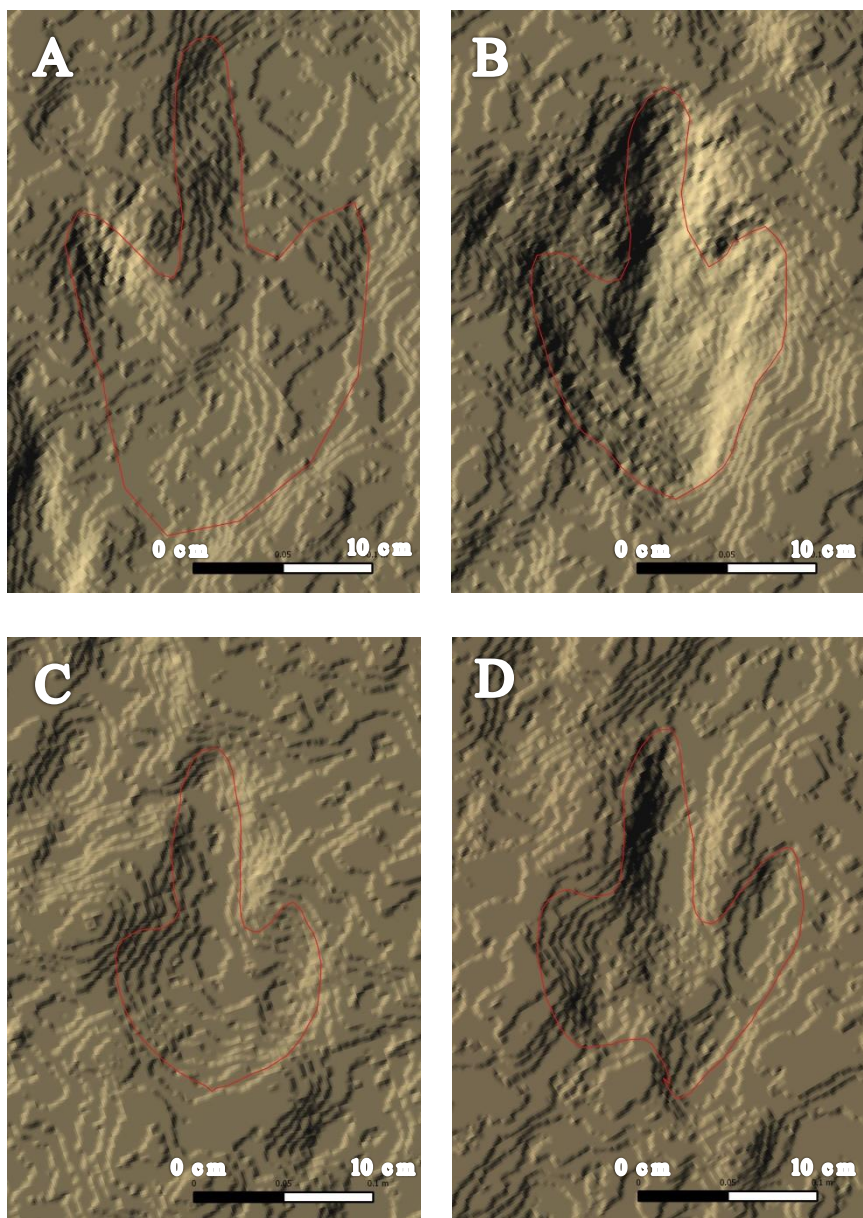
Slika 31. Otisci stopala iz staze T32: A) Otisak T32-1; B) Otisak T32-3; C) Otisak T32-4; D) Otisak T32-5; E) Otisak T32-6; F) Otisak T32-7; (Crvena linija predstavlja interpretaciju vanjskog ruba otiska)

Opis staze NT1

Tablica 22. Duljina, širina i dubina otisaka iz staze NT1 (cm)

	Duljina	Širina	Dubina
NT1-1	30.2	17.1	0.8
NT1-2	23.6	15	2.6
NT1-3	20.8	12	0.9
NT1-4	20.6	15	0.8
Prosjek	23.8	14.8	1.3

Staza NT1 sastoji se od četiri otiska od kojih su dva otprije zabilježena kao pojedinačni tragovi, te od dva potpuno novootkrivena otiska, a orijentirani su sjeveroistočno. Dimenzije otisaka date su u Tab. 22, a fotografije na Sl. 32. Kod NT1-2 i NT1-4 desni prst je veći od lijevog te je kod NT1-2 uočljivo da je desni prst pod manjim kutom u odnosu na srednji prst pa najvjerojatnije pripadaju desnom stopalu. Visina kukovlja iznosi oko 107 cm. Brzina kojom dinosaur se kretao iznosi približno 4.93 km/h, a duljina koraka je manja od četiri duljine otiska što znači da je dinosaur hodao.



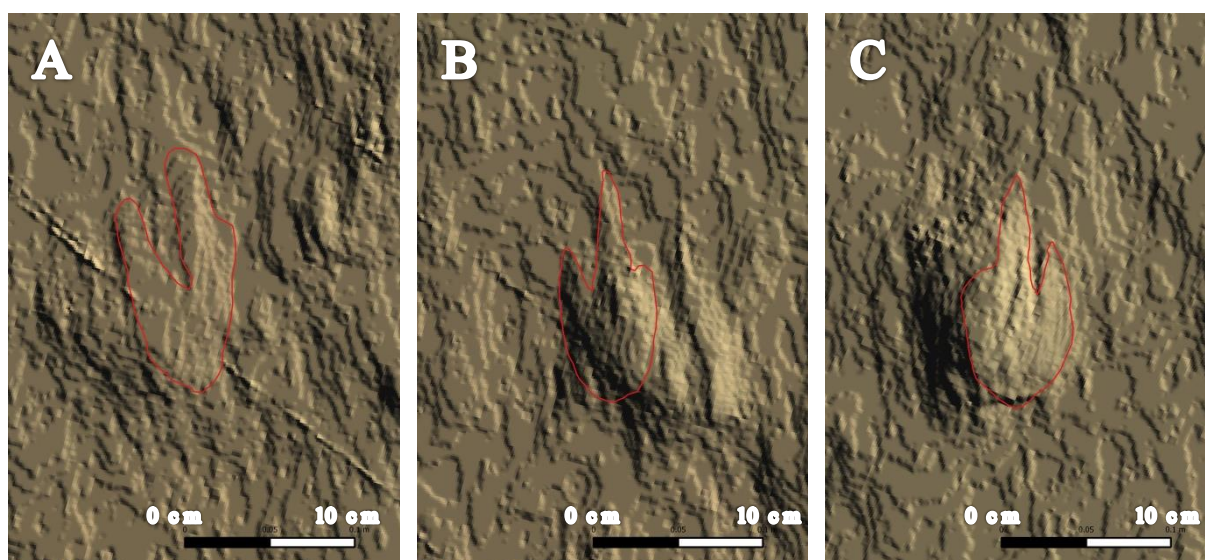
Slika 32. Otisci Stopala iz staze NT1: A) Otisak NT1-1; B) Otisak NT1-2; C) Otisak NT1-3; D) Otisak NT1-4; (Crvena linija predstavlja interpretaciju vanjskog ruba otiska)

Opis staze NT2

Tablica 23. Duljina, širina i dubina otisaka iz staze NT2 (cm)

	Duljina	Širina	Dubina
NT2-1	14.1	6.6	0.8
NT2-2	13.8	6	1.1
NT2-3	13.9	7	1.9
Prosjek	13.9	6.5	1.3

Staza NT2 se sastoji od tri novootkrivena otiska stopala orijentiranih prema jugozapadu. Dimenzije otisaka prikazane su u Tab. 23, a fotografije na Sl. 33. Otisak NT2-1 ostao je djelomično očuvan te nedostaje desni prst. Visina kukovlja iznosi približno 63 cm. Duljina koraka je nešto manja od četiri duljine otiska pa zaključujemo da se dinosaur kretao brzim hodom čija brzina iznosi oko 4.72 km/h.



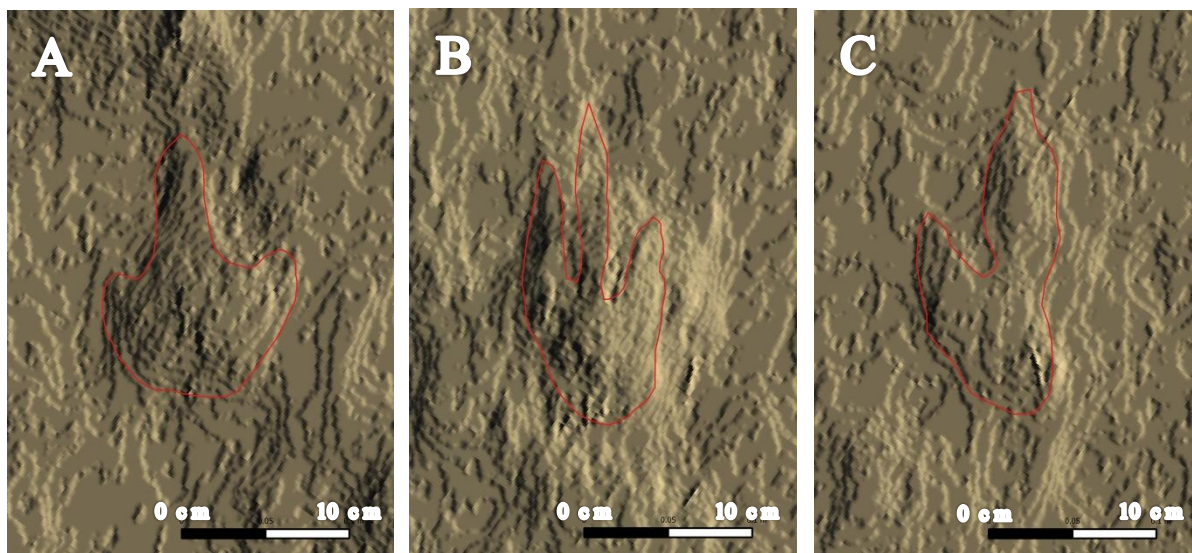
Slika 33. Otisci stopala iz staze NT2: A) Otisak NT2-1; B) Otisak NT2-2; C) Otisak NT2-3; (Crvena linija predstavlja interpretaciju vanjskog ruba otiska)

Opis staze NT3

Tablica 24. Duljina, širina i dubina otisaka iz staze NT3 (cm)

	Duljina	Širina	Dubina
NT3-1	15.7	12.2	1
NT3-3	19	9.1	1.1
NT3-4	19.4	9.2	0.7
Prosjek	18	10.2	0.9

Staza NT3 se sastoji od tri otiska stopala koji su orijentirani prema sjeveroistoku. Dimenzije otisaka date su u Tab. 24, a fotografije na Sl. 34. NT3-3 je najbolje definiran otisak, lijevi prst je poprilično veći od desnog te je vjerojatno otisak lijevog stopala. Visina kukovlja iznosi približno 81 cm, a kretao se brzinom 7.31 km/h. Duljina koraka je nešto veća od četverostruke duljine otiska što dovodi do zaključka da je dinosaur lagano trčao.



Slika 34. Otisci stopala iz staze NT3: A) Otisak NT3-1; B) Otisak NT3-3; C) Otisak NT3-4; (Crvena linija predstavlja interpretaciju vanjskog ruba otiska)

Prosječne vrijednosti svih staza

Tablica 25. Prosječne dimenzije staza te visina kukovlja i njihova brzina kretanja

	Duljina (cm)	Širina (cm)	Dubina (cm)	Visina kukovlja (cm)	Brzina (km/h)
T1	21	14.3	1.5	94	6.23
T2	24.1	13.2	1.1	108	5.65
T3	20.8	12.7	1	94	7.63
T4	21.4	12.2	1.3	96	6.26
T5	21.5	13	1.2	97	5.22
T6	18.1	11.6	1.1	81	9.32
T11	25.1	13.4	1.1	113	4.25
T12	22.4	14.8	2.7	101	5.15
T14	21.1	13.9	1.7	95	8.57
T17	16	11.4	1.5	72	6.37
T18	18.7	11.5	0.9	84	5.64
T19	22.9	15.2	0.9	103	6.88
T20	21.6	11.3	1.5	97	6.55
T21	23.9	12.4	1.5	108	5.51
T24	22.8	13.7	1.4	133	5.58
T25	22.8	15.6	1.9	103	7.27
T26	22.2	14.7	1.3	99	6.7
T27	20.3	14.6	1.5	91	4.72
T28	24.4	15.5	1.9	110	3.89
T29	20.7	11.8	1.1	93	4.36
T32	21	12	1.3	95	5.58
NT1	23.8	14.8	1.3	107	4.93
NT2	13.9	6.5	1.3	63	4.72
NT3	18	10.2	0.9	81	7.31
Prosjek	21.19	12.92	1.4	97	6.01

U Tab. 25 prikazane su srednje vrijednosti dimenzija svih staza te brzine kretanja i pretpostavljena visina kukovlja. Prosječna duljina svih otisaka iz staza iznosi 21.19 cm, širina 12.92 cm te dubina 1.4 cm. Visina kukovlja dinosaura koji su ostavili otiske na nalazištu Solaris u prosjeku iznosi 97 cm, a kretali su se prosječnom brzinom od 6.01 km/h.

4.2. POJEDINAČNI OTISCI STOPALA

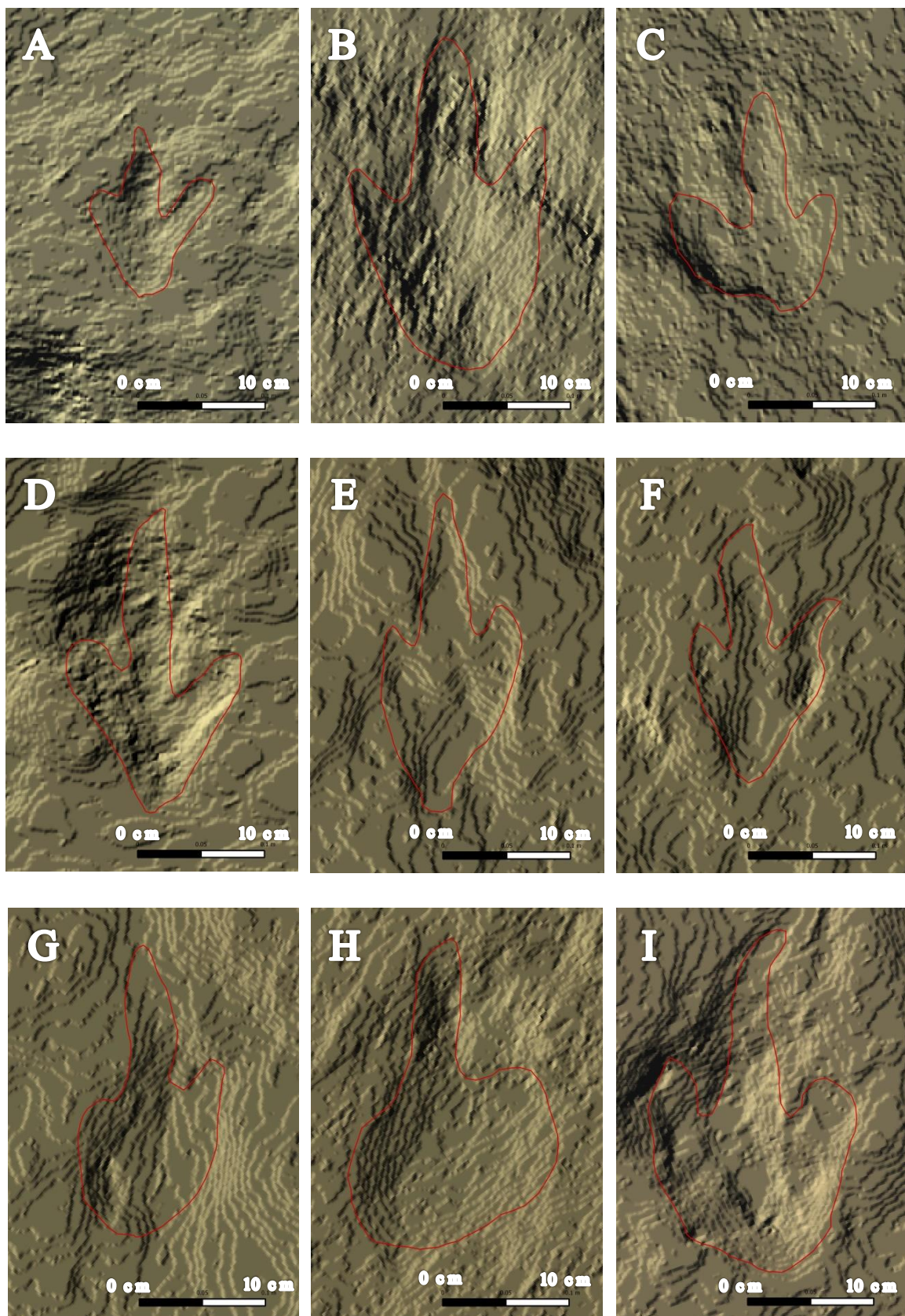
Na nalazištu Solaris II pronađena su i 29 nova pojedinačna otiska označena slovom N.

Tablica 26. Duljina, širina i dubina novootkrivenih otisaka na zapadnom dijelu izdanka (cm)

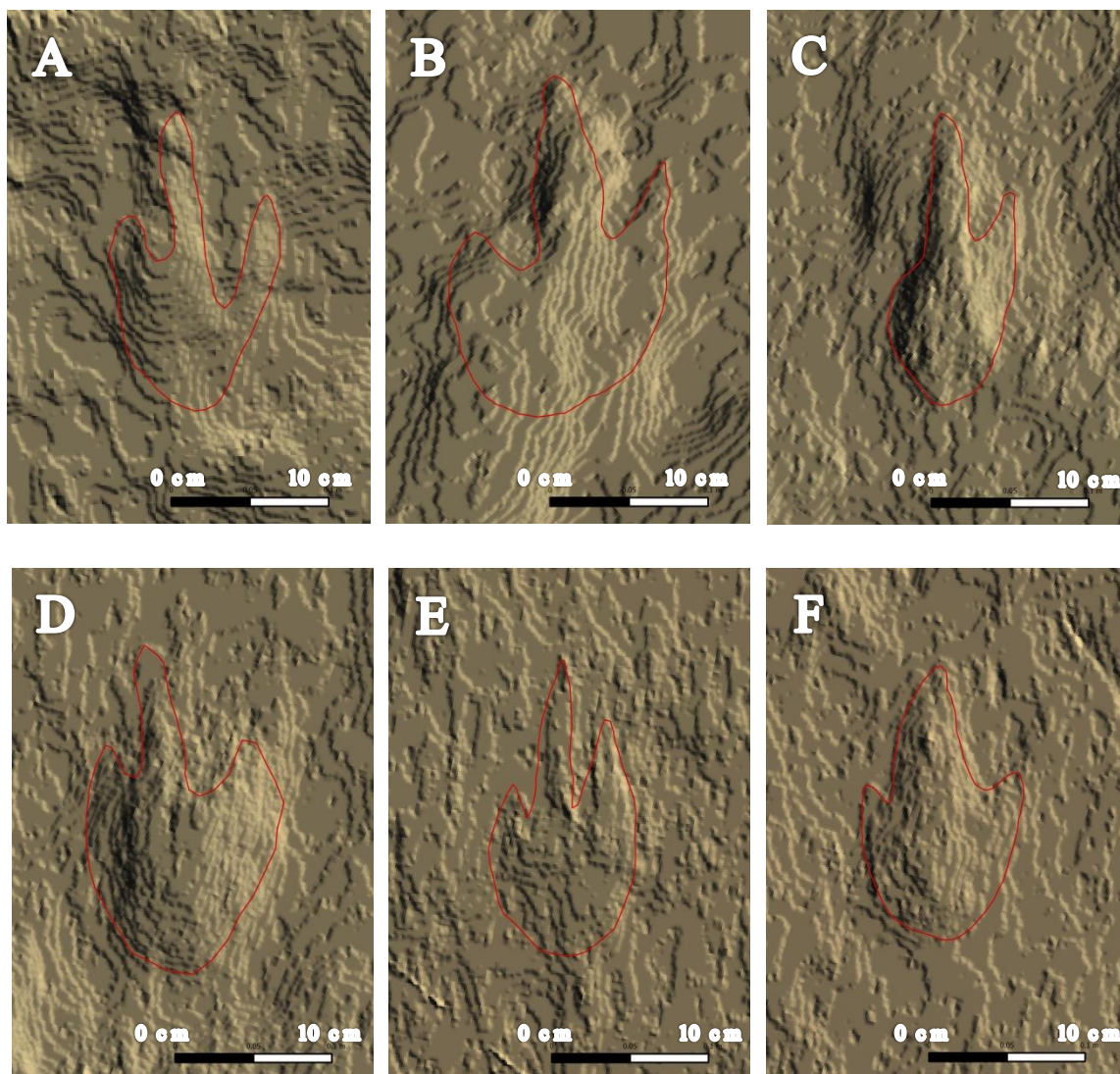
	Duljina	Širina	Dubina
N1	13.2	10	0.8
N2	26.9	16.1	2
N3	17.1	12.3	0.9
N4	25	14	2.5
N5	25	11	0.7
N6	18	11	0.8
N7	19	13	0.9
N8	24.6	16.1	1.2
N9	27.9	16.9	1.7
N10	20	13	0.9
N11	25	16	0.8
N12	18	10	1
N14	18.9	9.7	0.5
N15	17.8	10.5	0.9
Prosjek	19.76	11.97	1.04

Na zapadnom dijelu izdanka otkriveno je 15 otisaka. Dimenzije otisaka date su u Tab. 26, a fotografije na Sl. 35 i 36. Otisak N1 orijentiran je u smjeru sjevera a procijenjena visina kukovlja iznosi 59 cm. Izračunata visina kukovlja kod otiska N2 iznosi 121 cm i orijentiran je prema sjeveroistoku. N3 je orijentiran u smjeru zapada a visina kukovlja dinosaura koji je ostavio tak otisak iznosi oko 77 cm. Otisak N4 južne je orijentacije, a izračunata vrijednost visine kukovlja iznosi približno 113 cm. Visina kukovlja dinosaura kod otiska N5 iznosi oko 113 cm a otisak je orijentiran jugozapadno. Otisku N6 desni prst je dulji od lijevog, no

najvjerojatnije je uzrok tome loša očuvanost lijeve strane otiska. Vrh otiska je usmjeren prema desnoj strani, a desni prst je u odnosu na lijevi pod većim kutom od srednjeg prsta pa bi otisak mogao pripadati lijevoj nozi. Jugozapadne je orijentacije, a približna visina kukovlja tog dinosaura iznosi 81 cm. N7 je usmjeren prema sjeveroistoku, dok je visina kukovlja procijenjena na oko 86 cm. Otisku N8 nisu ostali sačuvani jasno definirani drugi i četvrti prst. Sjeveroistočne je orijentacije, a približna visina kukovlja iznosi 111 cm. Kod otiska N9 lijevi prst je veći od desnog, i srednji prst je savinut u desno stranu pa se može zaključiti da otisak pripada lijevoj nozi. Usmjeren je prema jugu, a približna visina kukovlja iznosi 126 cm. Otisak N10 orijentiran je prema zapadu, a izmjerena visina kukovlja iznosi oko 90 cm. N11 je sjeveroistočne orijentacije, a visina kukovlja iznosi oko 113 cm. Otisak N12 orijentiran je u smjeru sjeveroistoka a izmjerena visina kukovlja iznosi 81 cm. Kod otiska N13 orijentacija je sjeveroistočna i približna visina kukovlja iznosi 89 cm. N14 usmjeren je prema zapadu, a izmjerena visina kukovlja iznosi 85 cm. Otisak N15 sjeveroistočne je orijentacije, a visina kukovlja iznosi približno 80 cm.



Slika 35. Novootkriveni otisci stopala: A) Otisak N1; B) Otisak N2; C) Otisak N3; D) Otisak N4; E) Otisak N5; F) Otisak N6; G) Otisak N7; H) Otisak N8; I) Otisak N9; (Crvena linija predstavlja interpretaciju vanjskog ruba otiska)

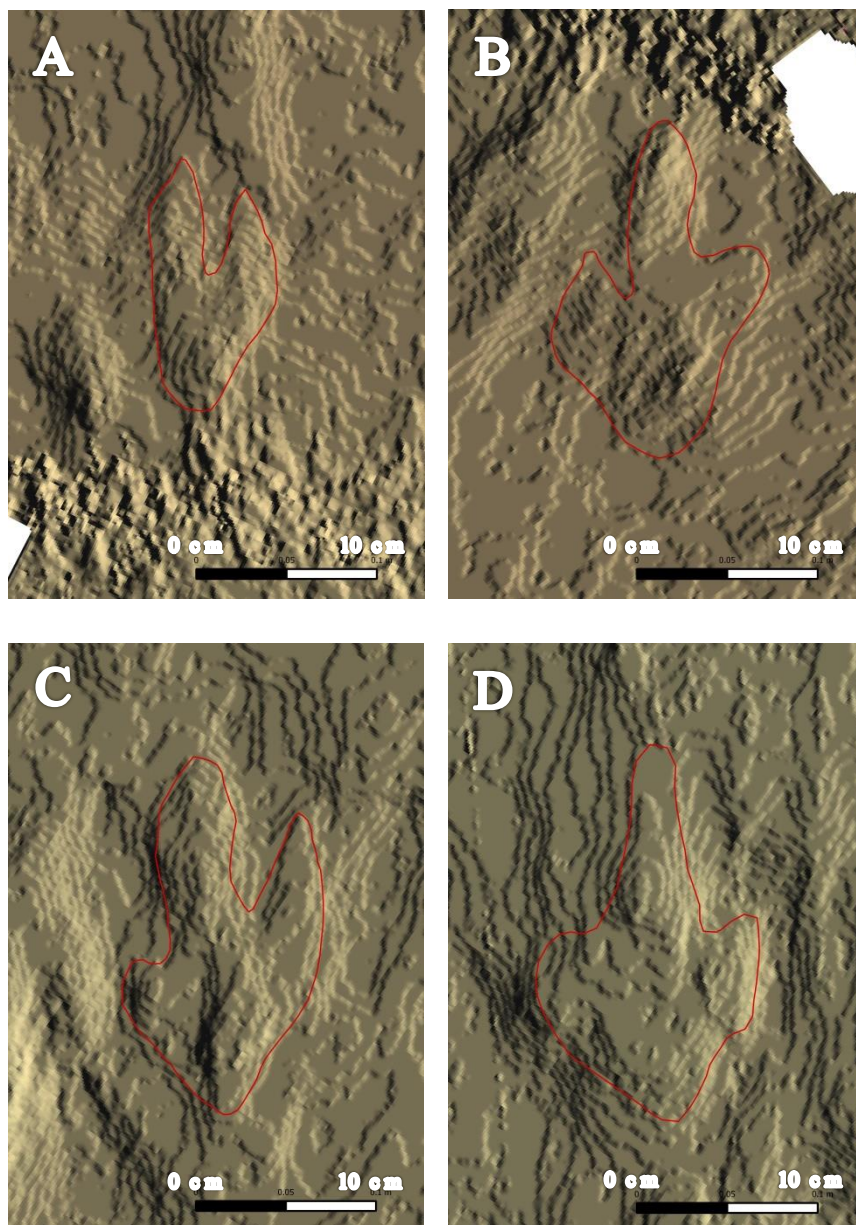


Slika 36. Novootkriveni otisci stopala: A) Otisak N10; B) Otisak N11; C) Otisak N12; D) Otisak N13; E) Otisak N14; F) Otisak N15; (Crvena linija predstavlja interpretaciju vanjskog ruba otiska)

Tablica 27. Duljina, širina i dubina novootkrivenih otisaka na srednjem dijelu izdanka (cm)

	Duljina	Širina	Dubina
N16	14	7	0.8
N17	18.7	12.7	1.2
N18	20	11.9	1
N19	18.6	12.9	1.1
Prosjek	17.83	11.13	1.03

Četiri otiska, N16 - N19 nalaze se na srednjem dijelu izdanka. Dimenzije otisaka prikazane su u Tab. 27, a fotografije na Sl. 37. Kod otiska N16 lijevi prst nije ostao sačuvan. Orijentiran je prema jugozapadu, dok izmjerena visina kukovlja iznosi 63 cm. Otisak N17 sjeveroistočne je orijentacije a visina kukovlja iznosi oko 84 cm. Otisak N18 usmjeren je prema jugozapadu, te je izmjerena visina kukovlja od približno 58 cm. Približna visina kukovlja dinosaura koji je ostavio otisak N19 iznosi 84 cm i otisak je orijentiran prema jugozapadu.

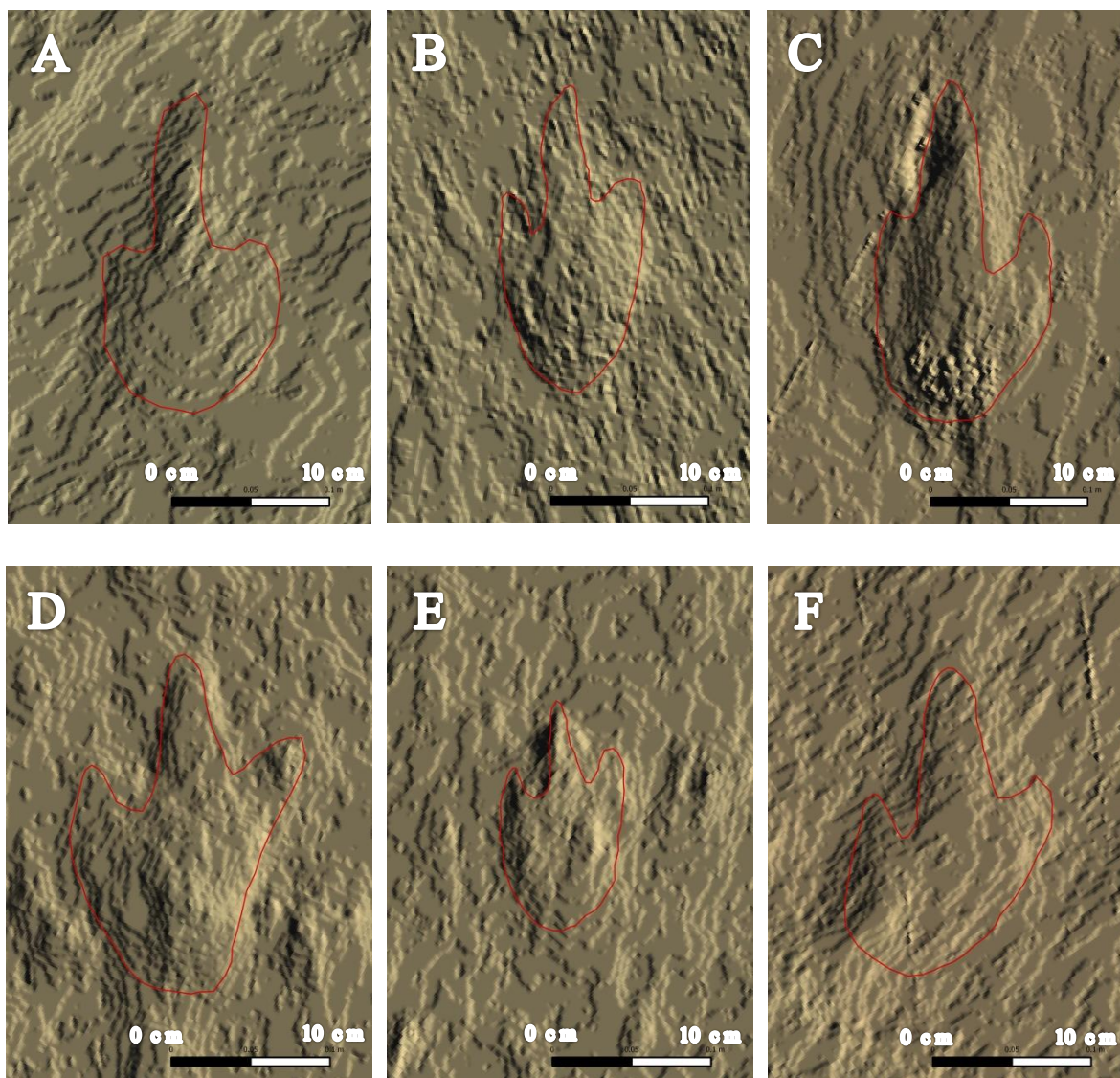


Slika 37. Novootkriveni otisci stopala: A) Otisak N16; B) Otisak N17; C) Otisak N18; D) Otisak N19; (Crvena linija predstavlja interpretaciju vanjskog ruba otiska)

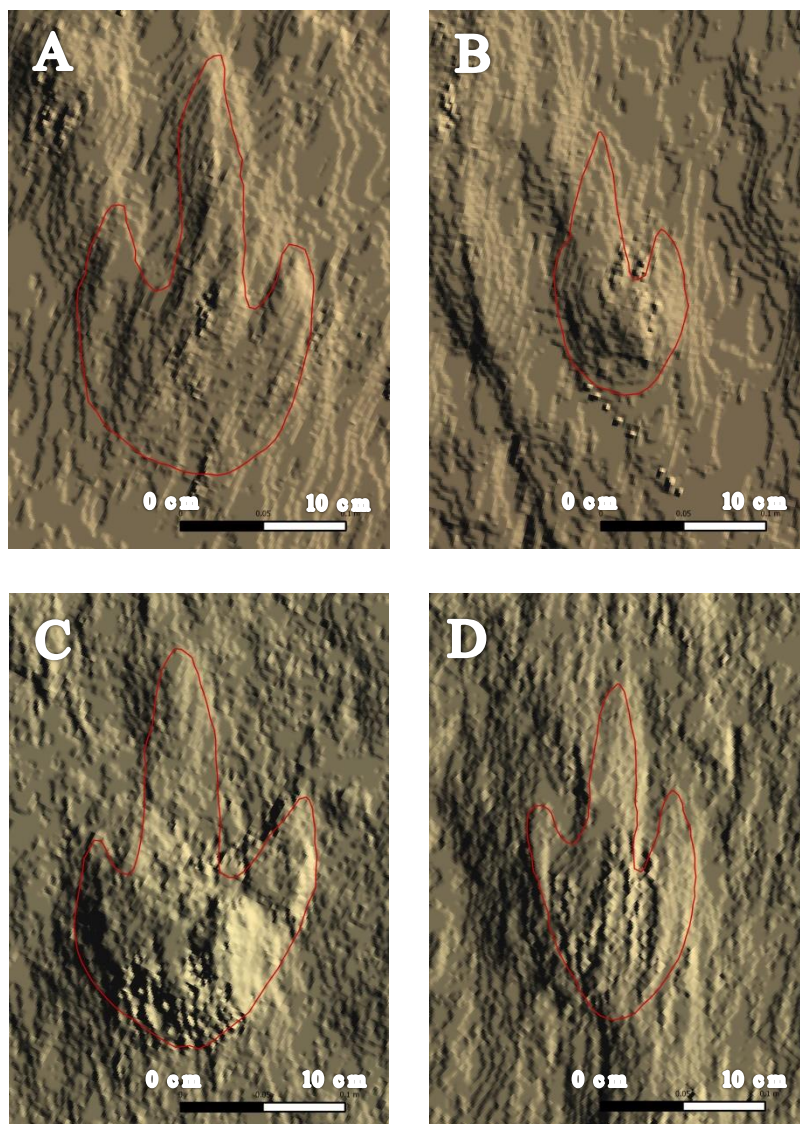
Tablica 28. Duljina, širina i dubina novootkrivenih otisaka na istočnom dijelu izdanka (cm)

	Duljina	Širina	Dubina
N20	20.4	11.4	0.7
N21	19.3	10	0.9
N22	22	11.6	1.1
N23	21.4	15.6	1.2
N24	14.5	8	1
N25	19.7	13	1.1
N26	25.4	14.6	1.8
N27	15.9	8	1.1
N28	24.7	15.3	2.6
N29	20.6	10	1.3
Prosjek	20.39	11.75	1.28

Deset otisaka otkriveno je na istočnom dijelu izdanka. Dimenzije otisaka date su u Tab. 28, a fotografije na Sl. 38 i 39. Otisak N20 orijentiran je prema sjeveroistoku, a visina kukovlja iznosi oko 92 cm. N21 je usmjeren prema zapadu, dok je procijenjena visina kukovlja 87 cm. Orijentacija otiska N22 je u smjeru sjeveroistoka. Izmjerena visina kukovlja tog dinosaura iznosi približno 99 cm. Otisak N23 je usmjeren prema sjeveroistoku, a visina kukovlja iznosi oko 96 cm. N24 orijentiran je u smjeru sjeveroistoka, dok izračunata visina kukovlja iznosi 65 cm. Pretpostavljen visina dinosaura koji je ostavio otisak N25 iznosi 89 cm, a orijentiran je prema jugoistoku. Otisak N26 je ostao veoma dobro očuvan sa sva tri jasno definirana prsta. Lijevi prst je veći od desnog te otisak najvjerojatnije pripada lijevom stopalu. Usmjeren je prema sjeveroistoku, a visina kukovlja iznosi približno 114 cm. Odmah uz njega nalazi se otisak N27. Lijevi prst nedostaje, a orijentiran je u smjeru jugozapada. Izmjerena visina kukovlja na temelju otiska iznosi 72 cm. Visina kukovlja dinosaura koji je ostavio otisak N28 iznosi oko 111 cm, a otisak je usmjeren prema jugozapadu. Posljednji otkriveni otisak, N29 je orijentiran prema jugozapadu, a izračunata visina kukovlja tog dinosaura iznosi 93 cm.



Slika 38. Novootkriveni otisci stopala: A) Otisak N20; B) Otisak N21; C) Otisak N22; D) Otisak N23; E) Otisak N24; F) Otisak N25; (Crvena linija predstavlja interpretaciju vanjskog ruba otiska)



Slika 39. Novootkriveni otisci stopala: A) Otisak N26; B) Otisak N27; C) Otisak N28; D) Otisak N29;
(Crvena linija predstavlja interpretaciju vanjskog ruba otiska)

5. RASPRAVA

Hrvatska je bogata nalazištima otisaka stopala dinosaura. Zajedno s nalazištem Solaris II, gotovo svi se nalaze na zapadnoj obali Istre (Sl. 40) dok je samo jedno nalazište na otoku Hvaru.



Slika 1: Geografski smještaj svih nalazišta dinosaura s područja nekadašnje Jadransko–dinaridske karbonatne platforme. 1–Kirmenj; 2–Gustinja; 3–Palud; 4–Sarone; 5–Kolone; 6–Pogledalo; 7–Ploče; 8–Plješć; 9–Zlatne Stijene; 10–Puntizela; 11–Solaris; 12–Lantern; 13–Ladin Gaj; 14–Karigador; 15–Lovrečica; 16–Grakalovac; 17–Fenoliga; 18–Žukova; 19–Villaggio del Pescatore; 20–Kozina.

Slika 40. Nalazišta otisaka stopala dinosaura u Istri

5.1. GORNJOALBSKA NALAZIŠTA TEROPODNIH OTISAKA STOPALA

5.1.1. SOLARIS I

Nalazište Solaris I dužine je oko 35 metra, i maksimalne širine od osam metra te sadrži očuvane tridaktilne otiske stopala zajedno sa dubljim okruglim, izduženim ili polukružnim depresijama te najvjerojatnije pripada istoj slojnoj plohi kao i Solaris II (Dalla Vecchia i Tarlao, 2000). Otisci na sjevernom dijelu izdanka su puno bolje očuvani od onih na južnom dijelu i staza s najviše očuvanih otisaka naziva se SOLI-T1 te se sastoji od osam otiska. Dužina tridaktilnih otisaka na tom izdanku (Sl. 41) kreće se od 16 – 23.5 cm od čega je oko 50% otisaka dužine 19.5 – 21.5 cm. Usporedbom izgleda otisaka s nalazišta Solaris II i Solaris I može se zaključiti da je njihova sveukupna morfologija jednaka. Što se tiče načina kretanja, samo tri staze upućuju na trčanje, dok sve ostale pokazuju da su dinosauri na toj lokaciji hodali, a brzina kretanja iznosi od 3.94 do 8.21 km/h, dok samo kod jedne staze ta brzina odstupa malo više te iznosi 12.16 km/h, no treba uzet u obzir da su u toj stazi otkriveni samo prvi i treći otisak, te se između njih može nalaziti više od jednog otiska čime bi se smanjila brzina kretanja (Dalla Vecchia i Tarlao, 2000). Na izdanku Solaris II brzina kretanja iznosi 3.89 - 9.32 km/h što je također veoma slično izdanku Solaris I.



Slika 41. Teropodni otisak stopala s nalazišta Solaris I

5.1.2. PUNTIŽELA

Na nalazištu Puntížela otisci (Sl. 42) su duljine 20-ak cm, kao i većina otisaka sa Solarisa II te su im također slični i morfologijom. Brzina kretanja dinosaura koji je ostavio otiske u Puntíželi iznosi 5.05 km/h (Dalla Vecchia i Tarlao, 2000.) što je poput „sporijih“ staza na Solarisu II.



Slika 42. Teropodni otisak stopala s nalazišta Puntížela

5.1.3. PLOČE

Otisci s nalazišta Ploče (Sl. 43) duljine su 13.5 do 26 cm. S obzirom na morfologiju i dimenzije otisaka, podudaraju se s otiscima nalazišta Solaris te je te otiske najvjerojatnije ostavila ista ili slična vrsta teropodnih dinosaura. Brzina od oko 7 km/h također se poklapa s brzinom sa Solarisa II.



Slika 43. Teropodni otisak stopala s nalazišta Ploče

5.1.4. PLJEŠIVAC

Na nalazištu Plješivac otisci (Sl. 44) su duljine 15.5 – 17.5 cm (Dalla Vecchia, 1998; Dalla Vecchia i dr, 2002). S obzirom na lošu očuvanost otisaka, teško ih je usporediti s otiscima na drugim nalazištima, no s obzirom na njihovu veličinu i brzinu kretanja od oko 5 km/h slični su otiscima sa Solarisa II.



Slika 44. Teropodni otisak stopala s nalazišta Plješivac

5.1.5. ZLATNE STIJENE

Na nalazištu Zlatne stijene pronađen je jedan otisak (Sl. 45) koji se može sa sigurnošću pripisati teropodnom dinosauru duljine 19.5 cm (Mezga i dr. 2007.). Svojom veličinom i morfologijom veoma je sličan otiscima sa Solarisa II.



Slika 45. Teropodni otisak stopala s nalazišta Zlatne stijene

5.2. NALAZIŠTA TEROPODNIH OTISAKA S ADCP-a

Na dva nalazišta pronađeni su otisci gornjocenomanske starosti, što znači da su mlađi od otisaka sa Solarisa II. Veličina teropodnih otisaka na otoku Fenoliga duljine je 20-ak cm i brzine kretanja od 5 – 10 km/h kao i na nalazištu Solaris II. Na drugom lokalitetu, Lovrečica, duljina otisaka varira od 14.5 – 25 cm što je također poput otisaka sa Solarisa. Isto tako pronađeno je nekoliko otisaka (Sl. 46) koji se razlikuju od ostalih cenomanskih i gornjoalbskih otisaka iz Istre. Srednji prst im je dug ali veoma debeo u sredini što je neobično za teropodne otiske.



Slika 46. Teropodni otisak stopala s nalazišta Lovrečica

Otisci na nalazištu Pogledalo pripadaju razdoblju starijeg barema. Razlikuju se dva tipa otiska. Prvi tip otiska su robusni, krupni oblici (Sl. 47) dok u drugi tip otiska spadaju gracilni i vitki oblici. Dužina otisaka varira od 25 – 45 cm (Dalla Vecchia, 1998) što ih čini nešto većim od otisaka iz Solarisa. Morfologijom se također razlikuju od otisaka iz Solarisa II, osobitno gracilni otisci te se sa sigurnošću može potvrditi da ne pripadaju istim ili sličnim teropodnim vrstama.



Slika 47. Teropodni otisak stopala s nalazišta Pogledalo

6. ZAKLJUČAK

Otisci dinosaura mogu reći mnogo o životinji koja ih je ostavila i njezinom načinu života. Pomoću otiska se može saznati približna veličina životinje koja ga je ostavila dok su od posebne važnosti staze kretanja jer se na temelju njih može interpretirati način kretanja, brzina i smjer te samim time i analizirati njihovo individualno i društveno ponašanje. Šanse da otisak ostane sačuvan su veoma male pa je stoga svaki nalaz otisaka stopala od iznimne vrijednosti. U Hrvatskoj, točnije na zapadnom dijelu Istre postoji nekoliko lokaliteta na kojima se nalaze otisci stopala dinosaura od kojih su najčešći tridaktilni koji pripadaju teropodima. Najčešće su gornjoalbske starosti, no ima kako starijih tako i mlađih. Lokalitet Solaris II koji se nalazi unutar nudističkog kampa je jedno od najbogatijih nalazišta otisaka stopala dinosaura u Hrvatskoj, a na njemu su prisutni teropodni i sauropodni otisci. Teropodni otisci s nalazišta Solaris II variraju duljinom od 10 do 30 cm, no većina ih je u rasponu od 16 - 22 cm. Otisci pripadaju srednje velikim teropodima, visine kukovlja od oko metra. Većina ih se kretala brzim hodom, što je i očekivano s obzirom da sve životinje većinu života provode hodajući jer se kod trčanja troši puno više energije. Prosječna brzina kretanja teropoda na nalazištu Solaris iznosi 6.01 km/h. Ostali otisci u Istri iz naslaga gornjeg alba su veoma slični otiscima iz Solarisa, kako veličinom, tako i morfologijom te brzinom kretanja. Posebno se razlikuju otisci s lokaliteta Pogledalo gdje postoje dva tipa otiska, robusni krupni i gracilni vitki otisci. Otisci s lokaliteta Pogledalo su nešto stariji od otisaka iz Solarisa i pripadaju razdoblju mlađeg barema. Moderne računalne metode mogu uvelike pomoći kod otkrivanja novih otisaka i kod njihovih interpretacija s obzirom da, jednom kada su podaci dostupni, analize se mogu vršiti u bilo koje vrijeme. Osim toga, računalni podaci su veoma precizni budući da svaka točka u prostoru ima svoju GPS koordinatu. Može se zaključiti da upotreba modernih računalnih metoda ima veliki potencijal u paleontologiji i paleoehnologiji te da će se sve više koristiti u budućim istraživanjima.

7. LITERATURA

- Alexander, R.McN. (1976): Estimates of speeds of dinosaurs. *Nature*, 261, 129 – 130.
- Benton, M.J. (2005): *Vertebrate Palaeontology*. III ed., Blackwell Science Publishing Company, Oxford, 455 str.
- Baron, M.G., Norman, D.B., Barret, P.M. (2017): A new hypothesis of dinosaur relationship and early dinosaur evolution. *Nature*, 543, 501 – 506.
- Dalla Vecchia, F.M. (1998): Theropod footprints in the Cretaceous Adriatic – Dinaric Carbonate Platform (Italy and Croatia). *Gaia*, 15, 355 – 367, Lisboa.
- Dalla Vecchia, F.M., Tarlao, A. (2000): New dinosaur track sites in the albian (Early Cretaceous) of the Istrian peninsula (Croatia) – Part II - Paleontology. *Estratto da Memorie di Scienze Geologiche*, 52/2, 227 – 292.
- Dalla Vecchia, F.M., Tunis, G., Venturini, S., Tarlao, A. (2001): Dinosaur track in the upper Cenomanian (Late Cretaceous) of Istrian Peninsula (Croatia). *Bollettino della Societa Paleontologica Italiana*, 40, 25 – 53, Modena.
- Dalla Vecchia, F.M., Vlahović, I., Posocco, L., Tarlao, A. and Tentor, M. (2002): Late Barenian and Late Albian (early Cretaceous) dinosaur tracksites in the Main Brioni/Brijun Island (SW Istria, Croatia). *Natura Nascosta*, 25, 1 – 36, Monfalcone.
- Farlow, J.O. and Chapman, R.E. (1997): The scientific study of dinosaur footprints. In: *The Complete Dinosaur* (eds. J.O. Farlow and M.K. Brett – Surman). 519 – 553, Indiana University Press, Bloomington.
- Forster, J.R. and Lockley, M. G. (1995): Tridactyl dinosaur footprints from the Morrison Formation (Upper Jurassic) of northeast Wyoming. *Ichnos*, 4, 35 – 41.
- Golonka, J. (2007): Late Triassic and Early Jurassic palaeogeography of the world. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 244, 297–307.
- Harris, J.D. (1998): Dinosaur footprints from Garden Park, Colorado. *Modern Geology*, 23, 291 – 307.
- Heilmann, G. (1926): *The Origin of Birds*. H. F. and G. Witherby, London, 209 str.
- Hotton, N. (1980): An alternative to dinosaur endothermy: The happy wanderers. In: *A Cold Look at the Warm – Blooded Dinosaurs* (eds. R.D.K. Thomas and E.C. Olson). AAAS Selected Symposium, 28, 311 – 350. Westview Press, Colorado.
- Langer, M.C., Ezcurra, M.D., Bittencourt, J.S. and Novas, F.E. (2010): The origin and early evolution of dinosaurs. *Biological Reviews*, 85, 55 – 110.
- Lautenschlager, S. (2016): Reconstructing the past: methods and techniques for the digital restoration of fossils. *Royal Society Open Science*, 3, 1 – 18.
- Leonardi, G. (1984): Le impronte fossili di dinosauri. In: *Sulle orme dei dinosauri* (eds. J. F. Bonaparte, E.H. Colbert, P.J. Currie, A. De Ricquels, Z. Kielan – Jaworowska, G. Leonardi, N. Morello and P. Taquet). 163 – 186, Erizzo, Venezia.
- LeTourneau, P.M. & Olsen, P.E. (eds.) (2003): *The Great Rift Valleys of Pangea in Eastern North America*, vol. 1-2. Columbia University Press, New York.

- Lockley, M.G. and Gillette, D.D. (1989): Dinosaur Tracks and traces: an overview. In: Dinosaur Tracks and Traces (eds. D.D. Gillette and M.G. Lockley). 3-10, Cambridge University Press, Cambridge.
- Lockley, M.G. and Meyer, C. (2000): Dinosaur Tracks and Other Fossil Footprints of Europe. Columbia University Press, New York, 323 str.
- Mallison, H. and Wings, O. (2014): Photogrammetry in Paleontology – a practical guide. *Journal of Paleontological Techniques*, 12, 1-31.
- Masse, J.P., Bellion, Y., Benkhelil, J., Ricou, L.-E., Dercourt, J. and Guiraud, R. (1993): Early Aptian (114 to 111 Ma). In: *Atlas Tethys Palaeoenvironmental Maps* (eds. J. Dercourt, L.E. Ricou and B. Vrielynck). 135 – 152, CCGM, Paris.
- Matthews, N.A. (2008): Aerial and Close - Range Photogrammetric Technology: Providing Resource Documentation, Interpretation, and Preservation. Technical Note 428. U.S. Department of the Interior, Bureau of Land Management, National Operations Center, Denver, Colorado. 42 pp.
- Matthews, N.A. and Breithaupt, B. H. (2001): Close-range photogrammetric experiments at Dinosaur Ridge. *Mountain Geologist*, 38, 147-153.
- Matsukawa M., Hamuro T., Mizukami T. and Fujii S. (1997): First trackway evidence of gregarious dinosaurs from the Lower Cretaceous Tetori Group of eastern Toyama prefecture, central Japan. *Cretaceous Research*, 18, 603 – 619.
- Moratalla, J.J., Sanz, J.L., Jimenez S. (1994): Dinosaur tracks from the Lower Cretaceous of Requiel de la Sierra (province of Burgos, Spain): inferences on a new quadrupedal ornithopod trackway. *Ichnos*, 3, 89 – 97.
- Mezga, A. i Bajraktarević, Z. (2003): Cretaceous dinosaur and turtle tracks on the island of Veli Brijun (Istria, Croatia). *Geologica Carpathica*, 55, 355 – 370, Bratislava.
- Mezga, A., Cvetko Tešović, B., Bajraktarević, Z. and Bucković, D. (2007): A new dinosaur tracksite in the Late Albian of Istria, Croatia. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 113, 139 – 148.
- Mezga, A., Tunis, G., Moro, A., Tarlao, A., Čosović, V. and Bucković, D. (2006): A new dinosaur tracksite in the cenomanian of Istria, Croatia. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 112, 435 – 445.
- Novas, F.E. (1997). *Herrerasauridae*. In: *Encyclopedia of Dinosaurs* (eds. P. J. Currie and K. Padian). 303–311 Academic Press, San Diego.
- Pittman, J.G. (1989): Stratigraphy, lithology, depositional environment, and track type of dinosaur track – bearing beds of the Gulf coastal plain. In: *Dinosaur Tracks and Traces* (eds. D.D. Gillette and M.G. Lockley). 135-153, Cambridge University Press, Cambridge.
- Prum, R.O. and Brush, A.H. (2002): The Evolutionary Origin and Diversification of Feathers. *The Quarterly Review of Biology*, 77, 261 – 295.
- Radun, B. (2016): Lasersko skeniranje i modeliranje nalazišta tragova dinosaura u Istri. *Diplomski rad, Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu*, 7 - 66
- Sereno, P.C. (1986): Phylogeny of the bird-hipped Dinosaurs (Order Ornithischia). *National Geographic Research*, 2, 234 – 256.
- Sereno, P.C. (1999): The Evolution of Dinosaurs. *Science*, 284, 2137 – 2147.
- Tersitano, S. (1983): Stance and Gait in Theropod Dinosaurs. *Acta Palaeontologica Polonica*, 28, 251 – 264, Warszawa.

- Thulborn, R.A. (1989): The gaits of dinosaurs. In: *Dinosaur Tracks and Traces* (eds. D.D. Gillette and M.G. Lockley). 39 – 50, Cambridge University Press, Cambridge.
- Thulborn, R.A. (1990): *Dinosaur tracks*. Chapman and Hall, London, 410 str.
- Thulborn, R.A. and Wade, M. (1979): Dinosaur stampede in the Cretaceous of Queensland. *Lethaia*, 12, 275 – 279.
- Thulborn, R.A. and Wade, M. (1989): A footprint as a history of movement. In: *Dinosaur Tracks and Traces* (eds. D.D. Gillette and M.G. Lockley). 51 – 56, Cambridge University Press, Cambridge.
- Tišljär, J., Vlahović, I., Velić, I., Matičec, D. and Robson, J. (1998): Carbonate facies evolution from the Late Albian to Middle Cenomanian in southern Istria (Croatia): Influence of synsedimentary tectonics and extensive organic carbonate production. *Facies*, 38, 137 – 152, Erlagen.
- Vlahović, I., Tišljär, J., Velić, I., and Matičec, D. (2005): Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Palaeogeography, main events and depositional dynamics. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 220, 333 – 360, Amsterdam.
- Zappaterra, E. (1990): Carbonate paleogeographic sequences of the Periadriatic region. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 109, 5 – 20.
- Zhou, Z. (2004): The origin and early evolution of birds: discoveries, disputes, and perspectives from fossil evidence. *Naturwissenschaften*, 91, 455 – 471.

Prilozi

Prilog 1. Sjenčani prikaz digitalnog modela visina

Prilog 2. Obradivani otisci na sjenčanom prikazu digitalnog modela visina

Prilog 3. Karta obradivanih otisaka

Prilog 4. Obradivani otisci umetnuti u kartu koju su izradili Dalla Vecchia i Tarlao (2000)

Prilog 5. Digitalni model visina